

Niko Simola

OMAVALMISTEOSIEN JÄLJITETTÄVYYDEN KEHITTÄMINEN VALMISTAVASSA TEOLLISUUDESSA

Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta
Diplomityö
Marraskuu 2019

TIIVISTELMÄ

Niko Simola: Omavalmisteosien jäljitettävyyden kehittäminen valmistavassa teollisuudessa
Diplomityö
Tampereen yliopisto
Johtamisen ja tietotekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma
Tarkastajat: professori Marko Seppänen ja yliopistonlehtori Rainer Breite
Marraskuu 2019

Jäljitettävyyden on tärkeä työkalu valmistavan teollisuuden yrityksille. Jäljitettävyyden avulla organisaatioissa pystytään valvomaan tuotantoprosesseja ja siten käytössä olevien standardien noudattamista. Lisäksi jäljitettävyyden toimii tärkeänä laadunhallinnan työkaluna. Yhtenä merkittävimpänä jäljitettävyyden tarkoituksena on kuitenkin varmistaa käyttäjien turvallisuus ja yrityksen maine.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää kohdeyrityksen jäljitettävyyden nykyistä tilannetta ja esittää kehitysehdotuksia tarkemman jäljitettävyyden tason saavuttamiseksi. Kehitysehdotusten tueksi selvitettiin myös vaihtoehtoisia merkinätekniikoita komponenttien tunnistamisen ja yksilöivyyden kehittämiseksi.

Tutkimuksen lähdemateriaalina hyödynnettiin useiden eri alojen artikkeleita, kirjallisuutta ja tarkoituksenmukaiseksi arvioituja verkkolähteitä. Tutkimuksen empiirinen osuus toteutettiin haastatteluiden avulla. Haastatteluiden tueksi luotiin kysymyspatteristo. Kysymyspatteriston pohjalta suoritettiin haastattelut kohdeyrityksessä ja neljässä vertailuyrityksessä. Haastattelun pohjalta tunnistettiin kohdeyrityksen olemassa olevat käytännöt jäljitettävyyden toteuttamiseen. Verrokkirytysten haastatteluista tunnistettiin vaihtoehtoisia tapoja jäljitettävyyden toteuttamiseen ja kehittämiseen. Verrokkirytysten toimintatapojen ja teoriaosuuden perusteella työssä muodostettiin ideaalimalli jäljitettävyyden toteuttamiseen.

Kohdeyrityksen nykytilan kartoituksen avulla toimintatavoista jäljitettävyyden toteuttamisessa havaittiin hitsauksen olevan kokonaisuutena hyvin toteutettu. Muiden valmistusprosessien vaiheiden osalta havaittiin yksittäisiä jäljitettävyyden mahdollistavia toimintatapoja. Jäljitettävyyden kehittämiseksi löydettiin kaksi merkittävämpää kehityskohdetta ja useita pienempiä. Jäljitettävyyden kehittämiseksi tulisi ottaa käyttöön komponenttien lasermerkintä tai vaihtoehtoisesti RFID-teknologia. RFID:n käyttöönotolla saavutettaisiin myös varastonhallintaan kehitystä. Toisena merkittävämpänä kehitysehdotuksena on PDM-järjestelmän käyttöönotto, jolla saavutetaan kehitystä tuotetiedonhallintaan. Pienempiä kehityskohteita löydettiin suoritettujen valmistusprosessien arvojen kirjaamattomuudesta. Tutkimuksessa esitettujen kehitysehdotusten avulla yrityksen on mahdollista kehittää jäljitettävyyttään, tuotetiedonhallintaansa ja prosessejaan.

Avainsanat: jäljitettävyys, merkitsemismenetelmät, tuotetiedonhallinta, tapaustudkimus

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

ABSTRACT

Niko Simola: Developing traceability of in-house components in manufacturing industry
Master of Science Thesis
Tampere University
Master's Degree Programme in Management and Information Technology
Examiners: Professor Marko Seppänen and University Lecturer Rainer Breite
November 2019

Traceability is an important tool for manufacturing companies. Traceability enables organizations to monitor production processes and thus compliance with existing standards. In addition, traceability serves as an important quality management tool. However, one of the most important purposes of traceability is to ensure the safety of users and the reputation of the company.

The purpose of this study was to investigate the current state of traceability of the target company and to propose improvements to achieve a more accurate traceability level. Alternative marking technologies were also explored in support of the development proposals to improve component identification.

The research material was based on articles, literature and relevant online resources from a variety of fields. The empirical part of the research was carried out through interviews. A set of questions was created to support the interviews. Based on the questionnaire, interviews were conducted with the target company and the four comparator companies. Based on the interview, the existing practices of the target company to implement traceability were identified. Alternative ways of implementing and developing traceability were identified from peer interviews. Based on the practices of peer companies and theoretical part, an ideal model for the implementation of traceability was developed.

By analyzing the current status of the company's procedures for implementing traceability, the welding process as a whole was found to be well implemented. For other stages of the manufacturing process, individual possibilities for traceability procedures were found. Two major developments and several smaller ones were identified to improve traceability. Laser marking of components or alternatively RFID technology should be introduced to improve traceability. The introduction of RFID would also bring improvements to inventory management. Another major development proposal is the introduction of a PDM system. Smaller developments were found in the unrecorded values of the manufacturing processes. The development proposals presented in the research enable the company to improve its traceability, product information management and processes.

Keywords: traceability, marking methods, product data management, case study

The originality of this thesis has been checked using the Turnitin OriginalityCheck service.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on laadittu Tampereen yliopistolla työkoneita valmistavalle kohdeyritykselle pääosin kesällä 2019. Diplomityön aihealueena on jäljitettävyyden kehittäminen. Diplomityön käytännön osuus toteutettiin yrityshaastatteluiden avulla. Haluan kiittää kohdeyritystä mielenkiintoisesta aiheesta ja haastatteluita antaneita yrityksiä yhteistyöstä.

Haluan kiittää myös professori Marko Seppästä työn ohjaamisesta ja hyvistä kehitysehdotuksista. Suuri kiitos myös vanhemmilleni opiskelu-uran aikaisesta tuesta.

Tampereella, 04.11.2019

Niko Simola

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
1.1 Päätavoitteet ja tutkimuskysymykset	3
1.2 Työn rajaukset	3
1.3 Toteutus ja rakenne	4
2. JÄLJITETTÄVYYS	5
2.1 Jäljitettävyyden määritelmä	5
2.2 Vaatimukset jäljitettävyydelle	6
2.3 Seurannan ja jäljitettävyyden erot ja samankaltaisuudet	8
2.4 Jäljitettäviä tietoja	9
2.5 Järjestelmät	10
2.6 Jäljitettävyyden hyöty	14
2.7 Jäljitettävyyden kustannukset	16
2.8 Jäljitettävyyden kehittäminen	17
2.9 Yhteenveto	21
3. MERKITSEMISMENETELMÄT	23
3.1 Viivakoodi	24
3.2 Laser	25
3.3 RFID	26
3.4 Pistemerkinä	29
3.5 Mustesuihku	30
3.6 Manuaaliset menetelmät	30
3.7 Yhteenveto	31
4. MENETELMÄ JA AINEISTO	33
4.1 Aineiston kerääminen	33
4.2 Vertailuanalyysin toteutus	34
4.3 Case-yritysten kuvaukset	35
5. JÄLJITETTÄVYYDEN KÄYTÄNNÖT	36
5.1 Kohdeyrityksen jäljitettävyyden käytännöt	36
5.1.1 WeldEye-hitsaushallintaohjelmisto	38
5.2 Haastatteluiden tulokset	40
5.2.1 Järjestelmien hyödyntäminen	41
5.2.2 Hyödynnettävät merkintäteknologiat	42
5.2.3 Jäljitettävät tiedot	44
5.2.4 Jäljitys käytännössä	46
5.2.5 Vikaantumisen ennakoitavuus	48
5.2.6 Näkemykset kehittämistarpeista omassa toiminnassa	49

5.2.7 Yhteenveto.....	50
6.JÄLJITETTÄVYYDEN KEHITTÄMINEN.....	52
6.1 Ideaalimallin kuvaus.....	52
6.2 Toimivat nykykäytännöt.....	54
7.YHTEENVETO.....	56
7.1 Keskeiset tulokset	56
7.2 Suositukset käytäntöön	57
7.3 Työn arviointi ja rajoitteet	58
7.4 Jatkotutkimusehdotukset.....	59
LÄHTEET	60
LIITE A: JÄLJITETTÄVYYDEN KEHITTÄMISTUTKIMUS	65

KUVALUETTELO

Kuva 1.	<i>Diplomityön rakenne</i>	4
Kuva 2.	<i>Tuotteesta kerättävä jäljitettävyyden mahdollistava tieto (Immonen ja Sääksvuori, 2002, s.119)</i>	10
Kuva 3.	<i>Esim. jäljitettävyyden prosessin vastuualueiden jakautumisesta, muokattu lähteestä (Wadhwa, 2013)</i>	11
Kuva 4.	<i>PLM- ja PDM-järjestelmien yhteneväisyydet (Lohtander, Peltokoski ja Varis, 2014, s. 7)</i>	13
Kuva 5.	<i>Jäljitettävyyden kehittämistä motivoivat tekijät (Aung ja Chang, 2014, s. 175)</i>	18
Kuva 6.	<i>Vasemmalla mobiili yhteensopiva 2D-koodi ja oikealla 1D EAN-13 viivakoodi</i>	24
Kuva 7.	<i>Kontrastia korostava merkintä ja värjätyn alumiinin merkintä (Technifor, 2019a)</i>	26
Kuva 8.	<i>Erilaisia RFID tunnisteita (Wang, 2014, s. 110)</i>	27
Kuva 9.	<i>RFID-järjestelmä osat ja periaate (Wang, 2014, s. 110)</i>	28
Kuva 10.	<i>Pistemerkintälaitteiston avulla toteutettu merkintä (Shannon, 2015, s. 4)</i>	29
Kuva 11.	<i>Mustesuihkumerkinnän toteutus (Pannier, 2019)</i>	30
Kuva 12.	<i>Prosessikaavio tuotannon vaiheista</i>	36
Kuva 13.	<i>Hitsausohje Control Padiltä (Kemppi Oy, 2019, s. 21)</i>	39
Kuva 14.	<i>Lista hitsatuista saumoista (Kemppi Oy, 2019, s. 11)</i>	40
Kuva 15.	<i>Yksinkertaistettu jäljitettävyyden ideaalimalli</i>	52

TAULUKKOLUETTELO

<i>Taulukko 1.</i>	<i>Jäljitettävyyden kustannuksia, muokattu lähteestä (Meuwissen ym., 2003; Mora C ja Menozzi D, 2003)</i>	<i>16</i>
<i>Taulukko 2.</i>	<i>Aktiiviset ja passiiviset tunnistheet (Beaudry ym., 2017, s. 1063)</i>	<i>27</i>
<i>Taulukko 3.</i>	<i>Merkintäteknologioiden vertailu, muokattu lähteestä (Wang, 2014; Deneva, Lazov ja Narica, 2015; Shannon, 2015; Côté, Desmeules ja Dufour, 2017)</i>	<i>31</i>

LYHENTEET JA MERKINNÄT

EAN	European Article Number, viivakoodistandardi
ERP	Enterprise Resource Planning, toiminnanohjausjärjestelmä
FIFO	First In First Out, varastonohjauksen käsite
FQI	Field Quality Inspection, kenttätarkastus
PDM	Product Data Management, tuotetiedonhallinta
PLM	Product Lifecycle Management, tuotteen elinkaaren hallinta
RFID	Radio Frequency Identification Technology, radiotaajuinen etätunnistus
UCC	Uniform Code Council
UPC	Universal Product Code
WPS	Welding Procedure Specification, hitsausohje

1. JOHDANTO

Jo lainsäädäntö ja standardit asettavat tietyt vaatimukset tuotteiden jäljitettävyydelle. Siten jäljitettävyyden on hyvä olla kunnossa. Jäljitettävyydellä tarkoitetaan tuotteiden valmistushistorian tuntemusta ja kykyä palauttaa tieto tuotteelle tehdyistä toimenpiteistä (Beulens, Jansen-Vullers ja Van Dorp, 2003; Gamberi, Manzini ja Regattieri, 2007). Ilman toimivia jäljitysmahdollisuuksia laitteiden mahdolliset viat voivat muodostua hyvinkin kalliiksi kulueräksi. Pienikin vika voi aiheuttaa laajoja takaisinkutsuntoja, mikä aiheuttaisi tuotteille mahdollisia käyttökieltoja. Takaisinkutsunnoista voisi vian selvittelykustannusten lisäksi aiheutua myös korvausvaateita tuotteiden ostajilta. Eikä pidä unohtaa negatiivisen julkisuuden vaikutusta tulevaisuuden potentiaaliin uusiin tilauksiin.

Valmistava teollisuus tarvitsee jäljitettävyyttä. Hyvin toteutetun jäljitettävyyssjärjestelmäkokonaisuuden avulla voidaan minimoida kustannuksia ja mahdollisten laatuongelmien aiheuttamaa huonoa julkisuutta (Aung ja Chang, 2014). Jäljitettävyyssjärjestelmää voidaan hyödyntää siten myös samalla laadunhallinnan työkaluna.

Jäljitettävyyden avulla organisaatiot pystyvät valvomaan ja tarvittaessa todistamaan noudattavansa viranomaisten asettamia säädöksiä. Siten jäljitettävyys toimii myös takaajana organisaation maineelle ja käyttäjien turvallisuudelle. Jäljitettävyyden merkitys on kasvanut valmistavalle teollisuudelle jatkuvasti johtuen tuotantolinjojen kansainvälistymisestä ja hajauttamisesta. (Wang, 2014)

Viranomaiset ja kuluttajat vaativat osaltaan jatkuvasti parempaa jäljitettävyyttä tuotteilta. Tuotteiden tarkempi jäljitettävyys tarkoittaa usein myös parempaa tuoteturvallisuutta. Esimerkiksi viallisen komponentin löytäessään valmistaja haluaa selvittää mahdollisimman helposti ja vaivattomasti kaikki saman erän komponentteja sisältävät tuotteet, sillä miljoonien osien tai tuotteiden takaisinkutsunta on todella kallista ja voi maksaa huomattavia summia. (Stark, 2015)

Taloudelliset tekijät ovat usein ohjaamassa organisaatioiden panostamista jäljitettävyyteen. Jäljitettävyyden avulla pyritään rajaamaan mm. takaisinkutsut mahdollisimman tarkasti kohdistumaan vain viallisiin tuotteisiin ja/ tai tuote-eriin. (Wang, 2014) Organisaatiot, joilla on käytössä toimivat jäljitettävyyssmenetelmät saavat

etulyöntiaseman verrattuna niihin organisaatioihin, joilla jäljitettävyyys ei ole kunnossa (Stark, 2015).

Osille ja tuotteille on olemassa monia eri numeroita sekä nimikkeitä. Siten standardeja on kehitetty helpottamaan tuotteiden nimeämiskäytäntöjä. Samalla ne helpottavat jäljitettävyyden toteuttamista. (Stark, 2015) Jäljitettävyyys on jo merkittävässä roolissa monilla teollisuuden aloilla kuten autoteollisuudessa, sotateollisuudessa ja lääketeollisuudessa. Jäljitettävyyden rooli kasvaa jatkuvasti merkittävämmäksi myös muilla teollisuuden aloilla. (Côté, Desmeules ja Dufour, 2017)

Työ on tehty toimeksiantona valmistavan teollisuuden yritykselle. Liiketoiminnan aloittanut yritys perustettiin jo 1950-luvulla. Työkoneiden valmistaminen aloitettiin siellä myöhemmin 1970-luvulla. Kohdeyritys perustettiin 1990-luvulla ja myöhemmin samana vuonna työkoneiden valmistuksen aloittanut yritys myytiin kohdeyritykselle. Kohdeyrityksen laadukkaat työkoneet suunnitellaan ja valmistetaan Varsinais-Suomessa. Kohdeyrityksen tehtaat ovat alueen yksi suurimmista työnantajista ja se työllistää noin 200 henkilöä. Kohdeyrityksen tehtailta suuri osa työkoneista kuljetetaan ympäri maailmaa, sillä yli 80% tuotannosta myydään Suomen ulkopuolelle.

Kohdeyrityksellä on jälleenmyyjiä jo lähes 40 maassa ja työkoneita on myyty yli 40 maahan. Tällä hetkellä kohdeyrityksen merkittävimpana markkina-alueena toimii Pohjoismaat ja Pohjois-Eurooppa. Kasvua tavoitellaan kuitenkin myös Pohjois-Amerikan puolelta uusien yhteistyökumppanien avustuksella. Kohdeyrityksen liikevaihto ja tulos on ollut tasaisessa kasvussa viime vuosina. Vuonna 2018 liikevaihdoltaan yritys jää vielä huomattavasti alle 100M€. Vuosittain tehtailta valmistuu myyntiin lähes 1000 työkoneita. Suuri osa kohdeyrityksen valmistamista koneista myydään vuokraamoille.

Kohdeyrityksen tuotteista löytyy kattava työkonevalikoima erilaisiin olosuhteisiin. Kaiken kaikkiaan mallisto pitää sisällään lähes 30 erilaista mallia. Uusia työkoneita ja markkinoilla olevia työkoneita pyritään jatkuvasti kehittämään kuuntelemalla aktiivisesti käyttäjiltä saatua palautetta. Kaikki kohdeyrityksen valmistamat työkoneet tarkastetaan noudattaen EN280-standardia.

Tämä diplomityö toteutettiin toimeksiantona kohdeyritykselle omavalmisteosien jäljitettävyydestä. Jäljitettävyyden mahdollisimman tarkan nykytilanteen selvittämiseksi työssä hyödynnetään yrityksen toimihenkilöiden kokemuksia ja käytäntöjä päivittäisistä rutiineista.

1.1 Pää tavoitteet ja tutkimuskysymykset

Tällä hetkelle kohdeyrityksessä ei ole ihan tarkkaan tiedossa, mitä jäljitettävyyden on missäkin vaiheessa valmistusprosessia. Ihmisen mukana oleminen tuotannossa altistaa myös inhimillisille virheille, ja siksi jäljitettävyyden merkitys korostuu. Työn avulla selvitetään kohdeyrityksen jäljitettävyyden nykyistä tilannetta. Tämän ongelman perusteella on muodostettu työlle seuraavat tutkimuskysymykset:

- Mitä jäljitettävyyden tarkoittaa omavalmisteosien osalta?
- Millaisia teknologioita voidaan hyödyntää jäljitettävyyden toteuttamiseksi?
- Millainen on ideaalitoimintamalli jäljitettävyyden toteuttamiseksi?

Jäljitettävyyden nykyistä tilannetta tarkastellaan tuotantoprosessin osalta vaiheittain. Tuotantoprosessi pitää sisällään viisi päävaihetta: hitsaus, koneistus, pintakäsittely, kokoonpano ja tarkastus. Löydösten perusteella muodostetaan jäljitettävyyden osalta ideaalimalli, josta selviää, mitkä osa-alueet yrityksessä toimivat hyvin ja mitä yrityksen tulisi kehittää.

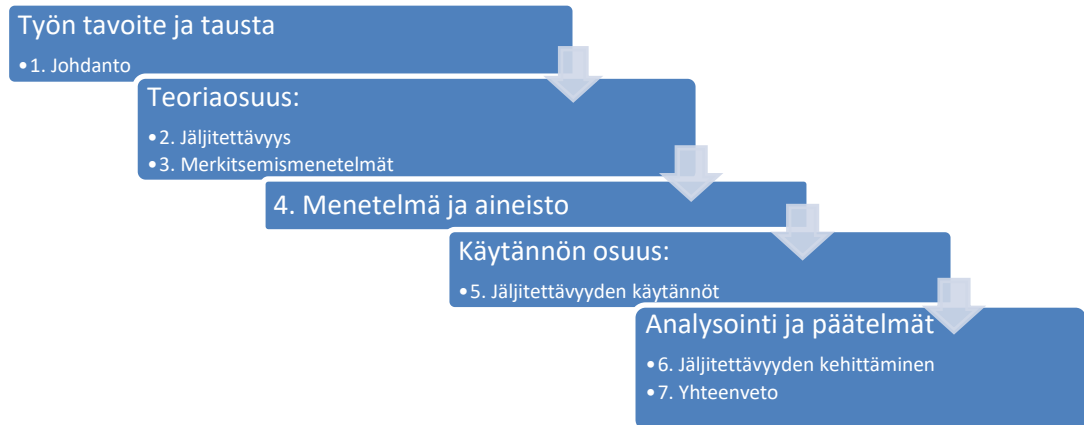
Työn tulosten perusteella yrityksen on mahdollista kehittää tuotannon jäljitettävyyttä. Jäljitettävyyttään kehittämällä yritys voi parantaa asiakastyytyväisyyttään ongelmatilanteissa. Tyytyväisten asiakkaiden avulla yrityksen on mahdollista saavuttaa kilpailuetua markkinoilla.

1.2 Työn rajaukset

Työn tarkastelu rajataan käsittämään vain kohdeyrityksen omavalmisteosien jäljitettävyyttä. Omavalmisteosiksi työn kannalta luetaan valmistusprosessiin liittyvät yrityksen itse valmistamat metalliset komponentit hankituista raaka-aineista ja puolivalmisteista. Työn ulkopuolelle rajataan omien piirustusten mukaan tehty alihankintaosat kuten myös muiden osto-osien tarkasteleminen, sillä niiden jäljitettävyydet tulisi olla saatavissa niiden valmistajilta, eikä se siten ole suoranaisesti kohdeyrityksen vastuulla. Kohdeyrityksen on kuitenkin tarvittaessa mahdollista saada osto-osien jäljitettävyyden selville ottamalla yhteyttä niiden valmistajiin.

1.3 Toteutus ja rakenne

Kuvassa 1. on esitetty diplomityön rakenne. Samalla esitetty rakenne noudattaa melko tarkasti diplomityön valmistumisen etenemistä vaiheittain.



Kuva 1. *Diplomityön rakenne*

Ensimmäisessä kappaleessa johdannossa esitellään työn taustaa, rajauksia ja tavoitteita. Työn toisessa ja kolmannessa luvussa käydään läpi teoriaosuutta jäljitettävyydestä ja jäljitettävyyden tueksi hyödynnettävistä teknologioista. Neljännessä luvussa esitellään hyödynnetyt tutkimusmenetelmät ja avataan tarkemmin hyödynnettyä aineistoa. Viidennessä luvussa avataan kohdeyrityksen ja haastateltujen yritysten jäljitettävyysskäytäntöjä. Kuudennessa luvussa muodostetaan ideaalimalli jäljitettävyydelle teorian ja haastattelujen perusteella. Viimeisessä seitsemännessä luvussa pohditaan työn tuloksia ja esitetään suosituksia käytäntöön.

2. JÄLJITETTÄVYYS

Organisaatioiden yhteistyökumppanit, asiakkaat ja toiminnan muuttuminen kansainvälisemmäksi aiheuttavat painetta jäljitettävyyden kehittämiseksi. Yhteistyökumppanit ja asiakkaat vaativat jatkuvasti enemmän tietoja tuotteista tukemaan ostopäätöstään. Organisaatioiden kansainvälinen toiminta lisääntyy jatkuvasti laajentaen toimitusketjuja. Kaikki tämä lisää samalla toimitusketjun monimutkaisuutta ja korostaa jäljitettävyyden tarvetta. Jäljitettävyyden avulla varmistetaan tuotteiden laadun ja riskienhallinnan perusta sekä mahdollistetaan tuotannon läpinäkyvyys. (GS1, 2019a)

Tarkan jäljitettävyyden toteutumiseksi valmistuksen vaiheista tulee pitää tarkkaa kirjanpitoa. Mahdollisten ongelmien havaitsemiseksi on tärkeää tuntea työstettävät komponentit yksityiskohtaisesti. Komponenttien yksityiskohtainen tunteminen on tärkeää, jotta pystytään reagoimaan nopeasti ja estämään ongelman moninkertaistuminen. Jälkikäteen ongelmien huomaaminen aiheuttaa ylimääräisiä tarkistuksia ja mahdollisia sopimussakkoja. (Wang, 2014)

2.1 Jäljitettävyyden määritelmä

Useat tutkijat ja organisaatiot ovat kirjoittaneet jäljitettävyydestä ja sen merkityksestä eri teollisuuden aloilla. Jäljitettävyyttä on kuitenkin määritelty usein samankaltaisesti:

- Tuoteyksilöiden sisältämät komponentit ovat selvitettävissä. Komponentit ovat selvitettävissä esim. valmistuserän tai sarjanumeron avulla. (Martio, 2015)
- Jäljitettävyydellä tarkoitetaan mahdollisuutta selvittää tuotteen sijainti, käyttökohde tai aikaisemmat vaiheet. Jäljitettävyys voi pitää sisällään myös valmistusprosessin vaiheet, osien ja materiaalien alkuperään liittyviä tietoja sekä sijainnin ja jakelureitin selvittelyä luovutuksen jälkeen. Jäljitettävällä tuotteella voidaan tarkoittaa myös resurssia, järjestelmää, henkilöä, organisaatioita, prosessia tai vaikkapa palvelua. (SFS-EN-ISO 9000, 2015)
- ”Jäljitettävyys tarkoittaa, että määritetty osa on tunnistettavissa muista rakenteista koko sen elinkaaren ajan.” (AISC, 2019)
- Jäljitettävyys voidaan kuvata kyvyksi säilyttää tuotteen yksilöivät tiedot. Yksilöivien tietojen avulla voidaan jäljittää tuotteen valmistuserä ja kaikki lisäarvoa tuottavat toimenpiteet, joita on tehty. (Chandran ja Fisk, 1975)

- Jäljitettävyys tarkoittaa kykyä seurata ja jäljittää jokainen komponentti, josta tuote koostuu aina tavarantoimittajilta läpi tuotannon vaiheiden päätyen asiakkaalle toimitukseen. (Wang, 2014)
- Jäljitettävyys tarkoittaa kykyä osoittaa järjestelmän nykyiset ja aikaisemmin toteutetut aktiviteetit. (Cheng ja Simmons, 1994)
- Jäljitettävyys tarkoittaa tuotteen historiatietoja valmistuksen ajalta, joilla saattaa olla vaikutusta tuotteeseen tai tuotteen ominaisuuksiin kuten ympäristötekijät ja käsittelyprosessit. (Gamberi, Manzini ja Regattieri, 2007)
- Jäljitettävyys on kyky seurata tuotetta koko sen arvoketjun ajan ja tarvittaessa myöhemmin voidaan palauttaa sen historiatiedot. (Beulens, Jansen-Vullers ja Van Dorp, 2003)
- Jäljitettävyys tarkoittaa mahdollisuutta seurata tuotteen liikkeitä läpi tuotannon prosessien aina jakeluun asti. (CAC, 2015)

Karlsen, Olsen ja Donnelly (2010) muistuttavat, että jäljitettävyys on työkalu, jolla voidaan palauttaa tallennetut tiedot esim. tuotannon vaiheista. Tiedot tuotteista ja valmistusprosesseista ei itsessään takaa kuitenkaan jäljitettävyyttä ilman toimivaa jäljitettävyysjärjestelmää. Jäljitettävyyttä ei kuitenkaan pidä ajatella liian monimutkaisesti. McEntire (2014) yksinkertaistaa jäljitettävyyden vain hyvin toteutetuksi kirjanpidoksi.

2.2 Vaatimukset jäljitettävyydelle

Useilla teollisuuden aloilla tuotannon jäljitettävyys on välttämättömyys lainsäädännön tai kuluttajien painostuksesta johtuen. Kuluttajat haluavat kasvavissa määrin jäljittää ostamiensa tuotteiden alkuperän. Esimerkiksi ruokatuotteiden kohdalla halutaan jäljittää ruoka sen tuottajaan/ maatilaa. Jäljitettävyyden kehittäminen nähdään tuottajien keskuudessa tärkeänä tekijänä kuluttajien luottamuksen lisäämiseen tuotteen turvallisuutta kohtaan. Jäljitettävyyteen liittyvät tiedot tulee säilyttää ja kirjata niin, että voidaan myöhemmin tutkia, kuinka tietty osa tai tuote on tehty. Tuotteen valmistusprosessin jäljitettävyys mahdollistaa virheiden kohdentamisen. (Stark, 2015)

Toteutusluokakohtaisesti materiaaleille on asetettu erilaisia vaatimuksia jäljitettävyydelle. Hitsauksen ollessa osana valmistusprosessia puhutaan hitsaustuotannosta. Hitsaustuotannossa käytettävistä materiaaleista pitää olla olemassa SFS-EN 10204 mukaiset aineodistukset. Käytettävien materiaalien tulee olla myös tunnistettavissa, jotta niitä olisi mahdollista verrata asetettuihin vaatimuksiin. Jos

tuotannossa käytetään samanaikaisesti useita teräslajeja, tuotteet pitää olla erotettavissa toisistaan koko valmistusprosessin ajan. Jäljitettävyyden osalta alemmassa toteutusluokassa EXC2 osittainen jäljitettävyys riittää. Tällöin sulatuseräkohtaista jäljitettävyyttä ei vaadita. (SFS-EN 1090-2, 2018)

Jäljitettävyys tulee ottaa huomioon myös organisaation luovuttaessaan tuotteita asiakkaalle. Ennen kuin tuotetta voidaan luovuttaa, organisaation tulee pystyä todentamaan, että tuote täyttää kaikki sille asetetut vaatimukset. Tuotteen luovutukseen liittyen organisaation tulee dokumentoida vähintäänkin ne henkilöt, jotka ovat olleet osallisena hyväksymässä tuotteen luovuttamista asiakkaalle ja tieto asetettujen vaatimusten täyttymisestä. Tuotteita, jotka eivät täytä asetettuja vaatimuksia, ei saa luovuttaa asiakkaalle ilman hänen suostumustaan. (SFS-EN-ISO 9001, 2015)

Kokoonpanon hallinnan tehtävänä on dokumentoida palvelun tai tuotteen kokoonpano. Kokoonpanotietojen tulisi olla olennaisia ja jäljitettävissä olevia. Numerointi- ja nimeämiskäytäntöjen tulisi olla vakiinnutetut sekä ainutlaatuiset. Tämä mahdollistaa tuotteen tunnistettavuuden ja jäljitettävyyden sekä pääsyn tarkkoihin tietoihin tuotteen vaiheista koko sen elinkaaren ajalta. Kokoonpanon hallintaa voidaan hyödyntää ISO 9001 -standardissa määriteltyjen vaatimusten saavuttamiseen tuotteiden ja palveluiden tunnistamisen ja jäljitettävyyden osalta. (SFS-EN-ISO 10007, 2018)

Myös mittaustulosten jäljitettävyyden tulee olla kunnossa. Ilman mittausten jäljitettävyttä tulosten vertailukelpoisuus jäisi vain arvailujen varaan. Mittausten jäljitettävyyden avulla tuloksista tehdään vertailukelpoisia keskenään. Siten mittausten suorituspaikalla, menetelmällä tai laitteella ei ole merkitystä, jos kaikki on kunnossa ja mittaustulosten epävarmuus on määritettävissä. Mittaustulosten vertailukelpoisuuteen vaikuttaa myös mittanormaalien käyttö. Mittaukset pitääkin olla sidottuna vertailumateriaaliin tai mittanormaaleihin. (FINAS, 2015)

Organisaatiossa, jossa jäljitettävyys on olennainen osa mittaustulosten todenmukaisuuden varmistamista tai mittaustuloksilta vaaditaan jäljitettävyttä, mittalaitteiden käyttäminen aiheuttaa lisätoimenpiteitä. Tällöin mittaukseen käytettävän välineistön tulee vastata todennetusti mittanormeja tai välineistö on kalibroitava määräajoin tai sekä todennettava että kalibroitava. Mittanormaaleihin verrattaessa tulee huomioida, että käytettävät normaalit ovat mahdollista jäljittää kansallisiin tai kansainvälisiin normaaleihin. Jos käytettävät mittanormaalit eivät vastaa tätä, tulee todentamisen tai kalibroinnin perusteet olla dokumentoituna. Käytettävä mittauslaitteisto tulee olla myös merkittynä, jotta sen tila olisi määritettävissä. Lisäksi mittausvälineistö on suojattava kulumiselta, vaurioilta ja virityksiltä siten, että kalibrointi ei vääristy eikä

aiheuta virheellisiä mittaustuloksia. Mittausvälineistön ollessa soveltumaton käyttötarkoitukseen tulee tutkia sen vaikutukset saatujen mittaustulosten oikeellisuuteen. Tarvittaessa tulee ryhtyä korjaaviin toimenpiteisiin. (SFS-EN-ISO 9001, 2015)

Jos vaatimustenmukaisuuden varmistaminen edellyttää tuotteen yksilöintiä tulee organisaation huolehtia tuotteen sopivasta identifiointiratkaisusta. Tuote tulee olla tunnistettavissa mittaus- ja seurantavaatimusten osalta koko tuotantoprosessin ajalta. Organisaation tulee säilyttää ja hallita jäljitettävyyden takaava dokumentointi, jos tuotteelta edellytetään jäljitettävyyttä. Jäljitettävyyttä edellytettäessä tulee tuotteen olla identifioitavissa. (SFS-EN-ISO 9001, 2015)

2.3 Seurannan ja jäljitettävyyden erot ja samankaltaisuudet

Bonetti ja Pasotti (2014) mukaan jäljitettävyys koostuu yleensä seuranta- ja jäljittämisprosesseista. Seurannalla tarkoitetaan tuotteen tunnistamiseen liittyvien tietojen keräämistä ja tallentamista. Seurannan avulla tiedetään myös missä prosessin vaiheessa komponentti on menossa (Intermec, 2007). Jäljittäminen puolestaan tähtää valmiin tuotteen historian palauttamiseen. Historiatietojen palauttamisen mahdollistaa valmiista tuotteesta valmistusprosessin aikana kerätyt tiedot. (Intermec, 2007; Bonetti ja Pasotti, 2014)

Moe (1998) määrittelee jäljitettävyyden laajemmin sisäiseen ja ulkoiseen jäljitettävyyteen. Sisäisellä jäljitettävyydellä tarkoitetaan tuotantoprosessien seurantaa ja jäljittämistä. Ulkoinen jäljitettävyys puolestaan viittaa tuotteen jäljitettävyyteen toimitusketjun jokaisessa vaiheessa.

Sääksvuoren ja Immosen (2008) mukaan jäljitettävyys voidaan jakaa tuoteprosessin jäljitettävyyteen ja tilaus-toimitusprosessin jäljitettävyyteen. Tuoteprosessissa jäljitettävyys koskee yleistä tuotteen suunnittelua, sen luomisprosessia ja varsinaisen kehitysprosessin seurantaa. Jäljitettävyydellä tilaus-toimitusprosessissa tarkoitetaan yksittäisen tuotteen seurantaa läpi tuotannon päättyen asiakkaalle toimitukseen.

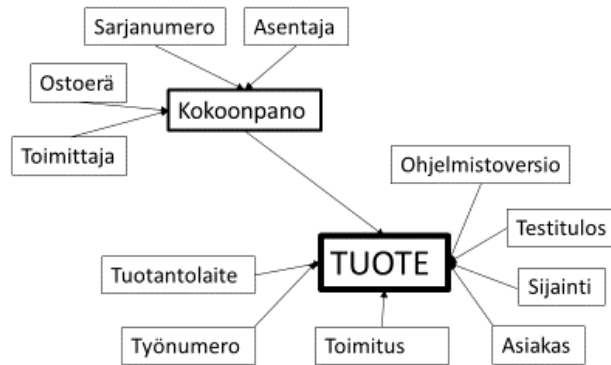
Seurannalla ja jäljitettävyydellä on joitakin yhteisiä ominaisuuksia. Ne toimivat joissakin tilanteissa samoja menetelmiä noudattaen. Molemmissa funktioissa hyödynnetään samaa kerättyä tietoa tavoitteiden saavuttamiseksi. Yleisesti kuitenkin voidaan sanoa, että seuranta ja jäljitettävyys ovat kaksi täysin eri asiaa, joiden avulla pyritään saavuttamaan omat erityiset tavoitteensa. (Intermec, 2007)

2.4 Jäljitettäviä tietoja

Valmistavassa teollisuudessa kerätään usein suuri määrä tietoa tuotteiden valmistukseen liittyen. Yksittäiseen tuotteeseen ja sen valmistus- ja testausprosessiin liittyvää jäljitettävyyttä koskevaa tietoa pidetään kuitenkin usein yrityksen tai jopa tietyn tuotantoyksikön sisällä useissa eri tietojenkäsittelyjärjestelmissä. Yksittäisen tuotteen jäljitettävyyden toteutumiseksi on välttämätöntä yhdistää kaikki tarvittavat jäljitettävyyttä koskevat tiedot kullekin tuotteelle. (Sääksvuori ja Immonen, 2008)

Organisaation tulee tietää käyttämiensä raaka-aineiden alkuperä, sillä se on vastuussa valmistamiensa tuotteiden turvallisuudesta. Tuotteiden turvallisuuden, tunnistamisen ja jäljitettävyyden varmistamiseksi tuotteissa pitää olla merkittynä joitakin tietoja. Tuotteessa olevien tietojen avulla tietty tuote tai tuote-erä voidaan poistaa markkinoilta. Tuotteesta tulee käydä ilmi tuotteen malli, sarjanumero, nimi, valmistaja ja maahantuojan yhteystiedot. Lisäksi joissakin tapauksissa vaaditaan muita lisätietoja jäljitettävyyden ja yksilöimisen varmistamiseksi kuten esim. valmistusvuosi ja valmistuserä. (Tukes, 2019) Beulens, Jansen-Vullers ja Van Dorp (2003) ehdottavat vähimmäisvaatimuksena jäljitettävyyden toteutumisen kannalta ylös kirjattavaksi tiedot tuotteiden ja valmistuserien välisistä yhteyksistä, kaikista valmistusprosessin aikana läpi käydyistä prosesseista ja valmistuksessa käytetyistä koneista ja laitteista sekä niissä käytetyistä asetuksista.

Merkittävä osa tilaus-toimitusprosessin jäljitettävyydestiedoista kerätään komponenttien kuljetuksen, jakelun ja hankinnan aikana sekä tuotteen valmistuksen ja jälkimarkkinoinnin aikana. Jäljitettävyyden mahdollistavia ylös kirjattavia tietoja voivat olla esimerkiksi komponenttierät, päivämäärät valmistuksesta, myynnistä, toimituksesta tai huollosta, tuotteen komponenttien sarjanumeroita, valmiiden tuotteiden tai kokoonpanojen testaustietoja tai ohjelmistoversioita (Kuva 2). Joissain tilanteissa myös tuotantolaitteiston tila, suorituskky, huoltotiedot ja testaustiedot kohdennetaan tietyille tarkkuutta vaativille osille tai tuotteille. (Sääksvuori ja Immonen, 2008)



Kuva 2. *Tuotteesta kerättävä jäljitettävyyden mahdollistava tieto* (Immonen ja Sääksvuori, 2002, s.119)

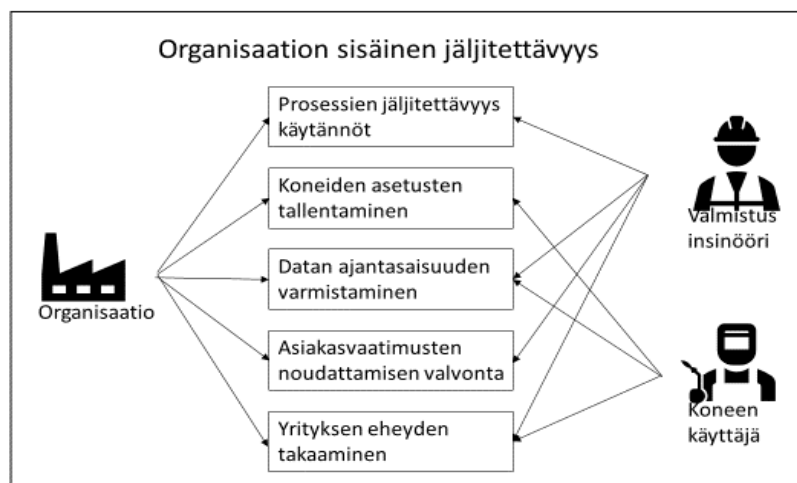
Valmistusprosessin aikana tuotettujen tietojen lisäksi tuotteeseen voidaan kohdistaa muita laatuvaatimusten tai standardien käsittelemiä tietoja. Hyvä esimerkki tällaisesta tuotteesta, johon kohdistetaan "ylimääräistä" jäljitettävyystietoa on korkeapaineventtiili. Korkeapaineventtiiliin kohdistetaan suunnitteludokumentteja, teknisiä tietoja materiaalisertifikaatit, valuerä, valunumero, tehdyt lämpökäsittelyt ja painetestien tulokset. (Sääksvuori ja Immonen, 2008)

Keräämällä jäljitettävyystietoja koko ketjusta katkeamattomasti aina komponenttien hankinnasta tuotteiden toimituksiin ja laitteiden jälkimarkkinointiin mahdollistaa yksittäisen tuotteen jäljitettävyyden. Kerätyn tiedon avulla mahdollistetaan myös suoraan palaute tuotteesta tuotekehitysosastolle. Koko ketjusta kerätty katkeamaton tietojana auttaa lisäksi tehostamaan ajankäyttöä ja resurssien hyödyntämistä rahaa säästäen. Vastaavasti, jos kerätyssä jäljitettävyystiedossa on katkoksia, joudutaan resursseja käyttämään tuotteen tietojen analysoimiseen ja muokkaamiseen jälkikäteen. (Sääksvuori ja Immonen, 2008)

2.5 Järjestelmät

Jäljitettävyyssjärjestelmä on tärkeässä roolissa organisaation kehittäessä toimintaansa. Kolme merkittävää tekijää organisaatiolle kehittää ja hyödyntää jäljitettävyyttä ovat tuotteiden turvallisuuden ja laadun varmistaminen, tarve toimitusketjunhallinnan parannuksille sekä mahdollisuus erottautua ja markkinoida tuotteita, joilla on tunnistamattomia laadullisia ominaisuuksia. Näiden kolmen jäljitettävyyssjärjestelmän ominaisuuden mukana tulee usein taloudellisia hyötyjä organisaatiolle. Taloudelliset hyödyt syntyvät pienemmistä kustannuksista jakelun osalta, kasvaneesta myynnistä ja vähentyneestä tarpeesta palautuksille ja takaisinkutsuille. (Calvin ym., 2004)

Jäljitettävyyden hyötyjen saavuttamiseksi organisaatioiden tulisi keskittyä ensisijaisesti sisäiseen jäljitettävyyteen, sillä jäljitettävyyssjärjestelmien mukaan ottaminen osaksi jokapäiväistä toimintaa on haastava tehtävä. Jäljitettävyyssjärjestelmää otettaessa käyttöön tulisi määrittää sen käyttäjille tietyt vastuualueet. Kuvassa 3 on esitetty organisaation ryhmien vastuiden jakautuminen jäljitettävyyteen liittyen. Jokaisesta jäljitettävyystietoa tuottavasta vaiheesta tulisi olla olemassa omat jäljitettävyyssuunnitelmansa. Jäljitettävyyssuunnitelma tulisi koota liiketoiminnan, säädösten ja asiakasvaatimusten ehdoilla. Kaikki jäljitettävyystiedot eräkohtaisesti olisi hyvä tallentaa keskitetysti ja vain oleelliset tiedot tulisi siirtää prosessissa seuraavaan kohteeseen. (Wadhwa, 2013)



Kuva 3. Esim. jäljitettävyys prosessin vastuualueiden jakautumisesta, muokattu lähteestä (Wadhwa, 2013)

Jäljitettävyyssjärjestelmien avulla tehdään tärkeää laatu- ja turvallisuustyötä. Silti tulee kuitenkin muistaa, että jäljitettävyyssjärjestelmä tuottaa tietoa vain valikoiduista pisteistä. Valikoidut pisteet ilmaisevat, toimivatko tietyt operaatiot suunnitelman mukaisesti. Siten jäljitettävyys ei suoranaisesti tuota yhtään sen laadukkaampia tai turvallisempia tuotteita. Jäljitettävyyssjärjestelmä onkin vain yksi työkalu organisaation tuotteiden laadun ja turvallisuuden takaamiseksi. (Calvin ym., 2004)

Hyvä jäljitettävyyssjärjestelmä on organisaatiokohtainen, eikä siten voida olettaa toiselle organisaatiolle toimivan järjestelmän olevan sopiva muillekin. Hyvän jäljitettävyyssjärjestelmän aikaansaamiseksi organisaation tulee määritellä omat tavoitteensa jäljitettävyydelle ja jäljitettävyyssjärjestelmälle, jotta sopiva kokonaisuus saadaan toteutettua. Organisaation asettamat tavoitteet järjestelmälle vaikuttavat jäljitettävyyden laajuuteen ja tarkkuuteen. (Calvin ym., 2004) Jäljitettävyyssjärjestelmän tulisi pitää sisällään seuranta ja jäljitystoiminnot, jotta tuotteen täydellinen historia saavutettaisiin (Bosona ja Gebresenbet, 2013).

Organisaatioilla on usein käytössä monia erillisiä tietojärjestelmiä myyntiä, hankintoja, tuotantoa, logistiikkaa ja huoltotoimia varten. Jokaisella järjestelmällä pyritään hallitsemaan yksittäistä liiketoiminnan osa-aluetta. Näiden monien erillisten järjestelmien avulla toteutetaan usein myös jäljitettävyyttä koskevien tietojen kerääminen. Kuitenkin jokainen yksittäinen järjestelmä hallitsee vain oman pienen osan jäljitettävyyteen liittyvästä tiedosta. Yleensä suurin ongelma ei olekaan tietojen kerääminen, vaan kyky yhdistää kerätyt tiedot yhdeksi kokonaisuudeksi. (Sääksvuori ja Immonen, 2008)

Usean järjestelmän avulla toteutettu tiedon kerääminen voi aiheuttaa haasteita tietojen kohdistamisen kanssa. Tiedot tulisi kohdistaa järjestelmistä riippumatta työtilaukseen, tuotantoerään ja yksittäiseen tuotteeseen. Hyödynnettäessä useampia järjestelmiä, järjestelmien välinen toimiva tiedonvaihto on avainasemassa onnistuneeseen tietojen kohdistamiseen. (Sääksvuori ja Immonen, 2008)

PDM-järjestelmä (Product Data Management) on tuotetiedonhallintajärjestelmä. Sen avulla pyritään mm. varmistamaan yksittäisten komponenttien linkitys tiettyyn tuotteeseen. Lisäksi PDM-järjestelmän avulla pyritään varmistamaan, että tuotteen tiedot pysyvät asianmukaisesti tallessa. Komponenteista ja tuotteista kerätään usein suuri määrä tietoa. Siten tiedon asianmukainen käsittely ja tallentaminen on tärkeässä roolissa. Virheellisen tiedon oikaiseminen jälkikäteen voi olla erittäin haastavaa ja aiheuttaa suuret kustannukset. Järjestelmä helpottaa myös tiedon uudelleen käyttämistä, mikä helpottaa mahdollisen ongelmatilanteen sattuessa tietojen jäljittämistä. (Stark, 2015)

Peltokoski, Lohtander ja Varis (2012) mukaan PDM- ja PLM-järjestelmiä käytetään usein virheellisesti toistensa synonyymeinä. PDM-järjestelmää tulisi ajatella enemmänkin tuotetietojen tallennuspaikkana, kun PLM kattaa laajemmin koko tuotteen elinkaaren. PDM- ja PLM-järjestelmät toimivat suurelta osin samojen asioiden parissa täydentäen toisiaan (kuva 4), mikä selittää niiden sekoittumista toisiinsa.



Kuva 4. PLM- ja PDM-järjestelmien yhteneväisyydet (Lohtander, Peltokoski ja Varis, 2014, s. 7)

PLM-järjestelmän (Product Lifecycle Management) voidaan katsoa muodostuvan tuotteiden hallinnasta, tuoterakenteiden hallinnasta, dokumenttien hallinnasta ja muutosten hallinnasta. Näiden hallinnallisten ominaisuuksien avulla pyritään kattamaan lähes kaikki jäljitettävyyttä koskevat vaatimukset. PLM-järjestelmään tulisi kirjata esim. muutokset joita tuotteen suunnittelussa on tehty malleihin, dokumentteihin, tuotteisiin ja tuoterakenteisiin. Lisäksi olisi hyvä mainita muutosten syyt ja taustatekijät. Kun kaikki muutokset tuotteisiin on kirjattu asianmukaisesti, PLM-järjestelmä mahdollistaa versiohistorian tuotteen koko elinkaaren ajalta. (Sääksvuori ja Immonen, 2008)

Organisaation toiminnallista tehokkuutta voidaan parantaa PLM:n avulla. PLM mahdollistaa kaikille arvoketjussa toimiville nopean tiedonhaun, sähköisen tiedon jakamisen ja automatisoitujen ominaisuuksien avulla paremman jäljitettävyyden sekä paremman tiedon turvallisuuden. Organisaatiot pystyvät käsittelemään mahdollisia muutoksia tilauksissa sekä reagoimaan entistä nopeammin asiakastukea vaativiin tilanteisiin vähemmällä työvoimalla. (Sääksvuori ja Immonen, 2008)

PLM-järjestelmän avulla ei saavuteta parannuksia pelkästään tuotteen jäljitettävyyteen vaan usealle liiketoiminnan alueelle. Stark (2015) mukaan kehitystä voidaan saavuttaa esim.:

- Optimoimalla ajan käyttöä: nopeuttamalla markkinoille vientiä tai vähentämällä muutoksiin vaadittua aikaa.
- Taloudellista tehokkuutta kehittämällä: vähentämällä palautusten, velkojen ja virheellisten tuotteiden kustannuksia tai tuoteportfolion arvoa nostamalla.
- Liiketoimintaa kehittämällä: esittelemällä enemmän tuotteita tai tarjota 100% tuotteen jäljitettävyys.

- Laatua parantamalla: vähentämällä valmistusprosessin vikoja tai vähentämällä asiakasvalituksia.

2.6 Jäljitettävyyden hyöty

Suuret laatukustannukset voivat heikentää tuotteen ja organisaation kannattavuutta. Kannattavuutta heikentäviä laatukustannuksia voi aiheutua viallisten tai huonolaatuisten tuotteiden eteneminen toimitusketjussa. Joissakin tapauksissa vialliset tuotteet voivat päätyä asiakkaan haltuun asti. Laatukustannukset muodostuvat usein reklamaatioista, materiaali-jätteestä, turhasta komponenttien valmistuksesta ja kokoonpanotyöstä, tuotteiden palautuksista, takuunalaisista korjauksista ja tavaramerkin arvon alenemisesta. Kasvava tuotevastuu ja korvausvelvollisuudet voivat lisätä osaltaan kustannuksia. Tuotteen laatua ja sen tuotantoon ja toimitukseen läheisesti liittyviä prosesseja voidaan parantaa kehittämällä tilaus-toimitusprosessin jäljitettävyyttä ja yksittäisen tuotteen jäljitettävyyttä. (Sääksvuori ja Immonen, 2008)

Jäljitettävyyteen liittyvien tietojen hyödyntäminen ei rajoitu pelkästään viallisten tuotteiden tunnistamiseen ja takaisinkutsumiseen. Jäljitettävyyttä tarvitaan valmistavassa teollisuudessa riippumatta teollisuuden alasta. (Wadhwa, 2013) Täsmällisesti toteutetun jäljitettävyyden avulla organisaation on mahdollista hyötyä lukuisilla tavoilla. Mitä täsmällisemmin jäljitettävyyden organisaatiossa on toteutettu, sitä nopeammin ongelmiin on mahdollista reagoida. Organisaatio hyötyy jäljitettävyyden kehittämisestä sitä enemmän mitä enemmän toimitusketjusta on aiheutunut kustannuksia. (Calvin ym., 2004)

Jäljitettävyyden tuomat hyödyt voidaan karkeasti jakaa kolmeen kategoriaan: operatiivisiin tehokkuuden parannuksiin, markkinoille pääsyn helpottumiseen ja riskien pienentämiseen (Fisher, 2015). Jäljitettävyyden avulla voidaan mm.:

- tunnistaa toimitusketjusta laittomuuksia, kuten esim. ilman tarvittavia lisenssejä toimivat tahot. Tämä lisää asiakkaiden luottamusta tuotteiden reilua tuotantoa ja turvallisuutta kohtaan. (Fisher, 2015)
- vähentää viallisten tuotteiden palautuksista ja takaisinkutsuista aiheutuneita kuljetus- ja tuotantokustannuksia. (Kurzbard ja Siomkos, 1994; Immonen ja Sääksvuori, 2002)
- löytää viallisia komponentteja sisältävät tuotteet. Tällöin organisaation on mahdollista poistaa myynnistä tai kutsua takaisin vain vaaraa aiheuttavat tuotteet. Tuotteen poistaminen myynnistä ja takaisin kutsuminen olisi haastavaa

ja kallista, jos tuotteissa ei olisi tarvittavia jäljitettävyyden mahdollistavia merkintöjä. (Tukes, 2019)

- kehittää tuotannon prosessien ja toimitusketjun läpinäkyvyyttä. (Musa, Gunasekaran ja Yusuf, 2014; Fisher, 2015)
- taata parempi turvallisuus organisaatiolle ja asiakkaille, kun pystytään reagoimaan viallisiin tuotteisiin. (Wang, 2014; Tukes, 2019)
- kehittää markkinointia sertifikaattien ja lisääntyneen luottamuksen johdosta. (Clarke ja Wilson, 1998; Fisher, 2015)
- reagoida nopeasti asiakkaan reklamointiin. (Pearson, 2012)
- varmistaa, että tuotteet ovat valmistettu säädösten mukaisesti. (Wang, 2014)
- markkinoida kierrätetyn alumiinin hyödyntämistä tuotteiden valmistuksessa. (Melanie Williams Consulting, 2016)

Jäljitettävyyden mahdollistaa edellä mainittujen hyötyjen saavuttamisen. Mahdollisten hyötyjen suuruuteen vaikuttaa kuitenkin useampi tekijä. Calvin ym. (2004) mukaan organisaation kokemaan hyötyyn jäljitettävyydestä vaikuttaa toimitusketjun hallinnointikustannukset, tuotteiden arvo, markkinoiden koko, sopimussakkojen suuruus sekä laatu- ja turvallisuusongelmien todennäköisyys. Jäljitettävyyden tuottaa toimitusketjun hallinnalle enemmän hyötyjä, jos toimitusketjun hallinnointikustannukset ovat suuret. Vastaavasti mitä suuremmilla markkinoilla kilpaillaan ja mitä arvokkaampia tuotteita valmistetaan sitä enemmän jäljitettävyydestä on mahdollista hyötyä. Sopimusten mahdolliset korkeat sopimussakot lisäävät osaltaan jäljitettävyyden hyötyjä, jos mahdollisiin sakon laukaiseviin tekijöihin kuten laatu- ja turvallisuusongelmiin pystytään reagoimaan ajoissa.

Tietyn tuotteen toimitusketjuun liittyy yleensä useita yrityksiä. Jokainen toimitusketjuun osallisena oleva yritys tuottaa jäljitettävyydestä tietoa tuotteesta. Siten jokaisen yrityksen toiminta jäljitettävyyden suhteen vaikuttaa jäljitettävyyden toteutumiseen. Jokaisella toimitusketjuun kuuluvalla yrityksellä tulisi olla pääsy kulloinkin tarvittavaan jäljitettävyydestä. Jäljitettävyydestä tiedon avoimuus toimitusketjussa toimiville yrityksille on tärkeää varsinkin jälkimarkkinoilla toimiville yrityksille. Jälkimarkkinoilla yritykset ovat lähempänä asiakasta tarjoten elinkaaripalveluita. Jäljitettävyydestä tiedon mahdollistaa elinkaaripalveluiden laadun ja kustannustehokkuuden. (Sääksvuori ja Immonen, 2008)

2.7 Jäljitettävyyden kustannukset

Tuotteiden jäljittämisestä aiheutuviin kustannuksiin voidaan laskea esim. tuotteiden kuljetusmaksuja, varastointikustannuksia, seurantajärjestelmän kehittämisestä ja päivittäisestä käytöstä aiheutuvia kuluja, materiaalisertifikaattien ylös kirjaamisia sekä tilojen ja kirjanpidon mahdollisia auditointeja (Muller, 2011). Valmistusprosessien monimutkaisuus vaikuttaa myös osaltaan jäljitettävyyden kustannuksiin, kun kirjanpidon ja tuotteiden erottelu vaatii enemmän työtä (Calvin *ym.*, 2004). Taulukkoon 1 on kerätty jäljitettävyydestä aiheutuvia kustannuksia käyttöönotto ja ylläpitovaiheissa.

Taulukko 1. *Jäljitettävyyden kustannuksia, muokattu lähteestä* (Meuwissen *ym.*, 2003; Mora C ja Menozzi D, 2003)

Kustannus laji	Käyttöönotto	Käyttö/ ylläpito
<i>Aika/ työvoima</i>	Tiedonhaku ja käsittely Muutosjohtaminen Testit/ keskeytykset	Hidastaa toimintaa tai keskeyttää Lisäraportointi
<i>Laitteisto/ ohjelmisto</i>	Uudet hankinnat Asennukset	Päivittäminen Huolto sopimukset
<i>Materiaalit</i>	Uudet materiaalit järjestelmiin	Pakkaaminen Etiketit
<i>Koulutus</i>	Laaja kokonaisvaltainen opastus	Uudelle henkilökunnalle
<i>Auditointi ja sertifiointi</i>	Alustavat auditoinnit ja sertifikaatit	Auditointien ja sertifikaattien toistaminen
<i>Ulkoinen konsultaatio</i>	Järjestelmien valinnan ja suunnittelun tueksi	Yksityiskohtaisiin ongelmiin

Jäljitettävyyden toteutuminen vaatii tuotteiden yksilöimistä ja huolellista kirjanpitoa. Kustannusten suuruuteen vaikuttaa mm. aikaisempien järjestelmien soveltuvuus jäljitettävyysskäyttöön. Joidenkin organisaatioiden on mahdollista hyödyntää nykyisiä kirjanpitojärjestelmiään ilman tarvetta suurille muutoksille. Tällöin jäljitettävyyssjärjestelmien kehittämisestä ei synny juurikaan lisäkustannuksia. Toiset organisaatiot taas joutuvat tekemään jopa suuria muutoksia järjestelmiinsä, joista voi aiheutua suuria lisäkustannuksia. (Calvin *ym.*, 2004)

Tuotteiden jäljittämiseen liittyvät kustannukset ja maksut vaihtelevat usein toimitusketjujen ja organisaatioiden välillä, koska kustannuksia voidaan kohdentaa usealla tavalla. Joissain tilanteissa toimitusketjun osapuolet joutuvat kehittämään jäljitettävyyden työkalujaan hallitsevan merkin painostuksesta, vaikka he eivät itse siitä hyötyisikään. (Muller, 2011)

Jäljitettävyyssjärjestelmä voi tuottaa organisaatiolle positiivista nettohyötyä tai negatiivista nettohyötyä. (Nettohyödyllä tarkoitetaan jäljelle jääviä hyötyjä, kun kulut on vähennetty.)

Siksi organisaation tulee arvioida jäljitettävyyssjärjestelmän mahdollisia hyötyjä ja kustannuksia, sillä vain positiivista hyötyä tuottavaan järjestelmään kannattaa investoida. Kilpailuilla aloilla, joissa katteet ovat pienet, jäljitettävyyteen investoiminen voikin olla merkittävänä tekijänä markkinoilla pärjäämisen kannalta. (Calvin *ym.*, 2004)

Teollisuuden aloilla, joilla tuotteille on asetettu tiukempia vaatimuksia, on usein korkeammat laatu- ja turvallisuuskustannukset johtuen niiden tarkemmasta valvonnasta. Organisaation mahdollinen hyvä maine vaikuttaa myös osaltaan tuotteiden takaisinkutsumisen kustannuksiin. Organisaation nauttiessa hyvästä maineesta mahdolliset tuotteiden turvallisuusongelmat ja siten takaisinkutsumiset aiheuttavat suuremmat negatiiviset vaikutukset kuin tuntemattomammille organisaatioille. Tuotteen arvolla on myös oma vaikutuksensa takaisinkutsumisen kustannuksiin. Halvempien tuotteiden tuotekohtainen takaisinkutsuminen on usein edullisempaa verrattuna kalliimpiin tuotteisiin. (Calvin *ym.*, 2004)

Cheng ja Simmons (1994) mukaan jäljitettävyys on ennemminkin kustannuksia tuottava toiminto kuin lisäarvon luoja. Jäljitettävyyden kustannuksiin voidaan kuitenkin vaikuttaa monella tapaa. Calvin *ym.* (2004) mukaan jäljitettävyyden kustannuksiin vaikuttaa toimitusketjun tapahtumien määrä, tallennettavan tiedon määrä, yksiköiden koko, teknologiat, uusien järjestelmien tarve, tuotteiden tunnistetiedot ja tuotemuunnokset. Toimitusketjun vaiheet lisäävät tallennettavien tapahtumien määrää ja siten tiedon määrää, mikä vaikuttaa jäljitettävyysskustannusten suuruuteen. Yksilökohtainen jäljitettävyys ja tuotteiden suuri muokattavuus lisäävät myös jäljitettävyyssjärjestelmän monimutkaisuutta, mikä lisää jäljitettävyyden kustannuksia. Lisääntynyt jäljitettävyystiето voi vaatia myös teknisiä ja ohjelmallisia parannuksia.

2.8 Jäljitettävyyden kehittäminen

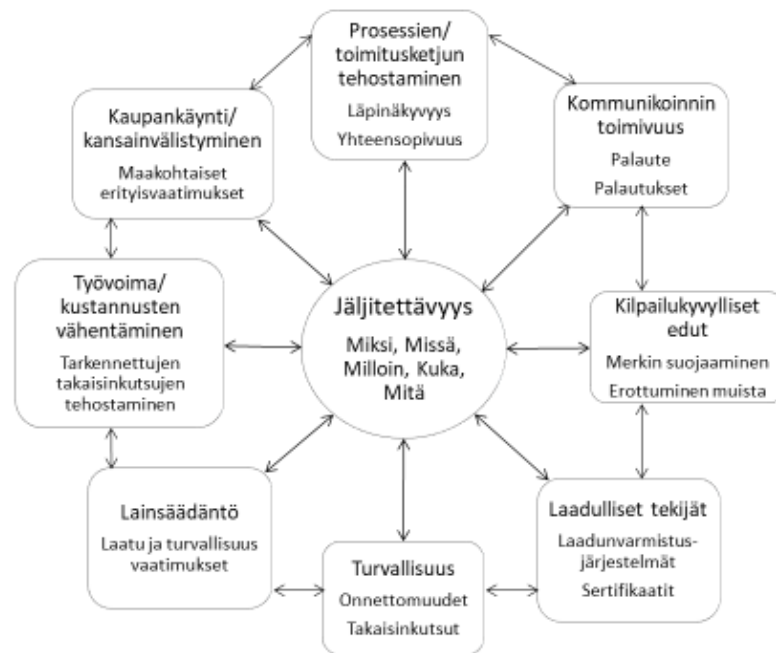
Hyvälle jäljitettävyyssjärjestelmälle on tyypillistä, että tietoa kerätään sopiva määrä käyttökelpoisessa formaatissa perustelluin kustannuksin. Liian suuri määrä kerättyä tietoa ei ole kustannustehokasta ja se voi olla haitaksi myös operatiiviselle toiminnalle. Tietoa ei tulisi kerätä liikaa, koska suuren kerättävän tietomäärän taakse voi jäädä piiloon operatiivista toimintaa ohjaavia lukuja. Jäljitettävyyttä kehittäessä onkin aina hyvä pitää mielessä sen olevan enemmän kustannuksia kuin lisäarvoa tuottava toiminto. (Cheng ja Simmons, 1994)

Nykypäivän kehittynyt automatisoitu teknologia mahdollistaa jokaisen komponentin yksittäisen ja yksityiskohtaisen jäljitettävyyden. Samalla voidaan tallentaa ja kohdistaa valmistusprosessin aikana tehdyt testit tietyille tuotteille. Edelle mainitut tuotekohtaiset

tiedot voidaan tallentaa esimerkiksi tuotteen sarjanumeron alle. Tällöin tietyn tuotteen yksityiskohtainen historia on löydettävissä ja tarkasteltavissa myöhemminkin. Automatisoidut tuotantolaitteistot mahdollistavat lisäksi valmistusprosessista ihmistyövoimaa sisältävien virheherkempien vaiheiden korvaamisen täysin tai osittain automatisoidulla ratkaisulla. (Pearson, 2012)

Jäljitettävyyssjärjestelmän kehittäminen pilvipohjaiseen järjestelmään tarjoaa asiakkaille ja valmistajaorganisaatiolle uusia mahdollisuuksia. Valmistava organisaatio pystyy pilvipohjaisen jäljitettävyyssjärjestelmän avulla ilmoittamaan suoraan asiakkaille mahdollisista laatu- ja turvallisuusongelmista, jolloin takaisinkutsutilanteessa pystytään reagoimaan mahdollisimman nopeasti. Vastaavasti tuotteen loppukäyttäjä pystyy internetin välityksellä tarkastelemaan tuotteen yksilöityjä tietoja. (Aung ja Chang, 2014)

Jäljitettävyyssjärjestelmään investoimisen ajureina toimii usein takaisinkutsujen tarpeen minimoiminen ja niistä johtuvan huonon maineen minimoiminen (Calvin *ym.*, 2004). Aung ja Chang (2014) mukaan jäljitettävyyden kehittämiseksi organisaatioilla voi olla kuitenkin lukuisia syitä (kuva 5). Kuvan 5 keskiössä on esitetty jäljitettävyyden oleelliset kysymykset, joihin vastaamalla voidaan saavuttaa hyvä jäljitettävyyden taso.



Kuva 5. Jäljitettävyyden kehittämistä motivoivat tekijät (Aung ja Chang, 2014, s. 175)

Jäljitettävyyttä kehitettäessä on tärkeä arvioida valmistusjärjestelmien rakennetta ja sen pääasiallisia tehtäviä. Ensiksi tulisi pystyä tunnistamaan asiat, jotta olisi mahdollista suorittaa tarvittavia mittauksia. Mittaukset mahdollistavat oikeat ohjaustoimenpiteet. (Cheng ja Simmons, 1994) Toimitusketjun tunteminen jäljitettävyyttä kehitettäessä on

tärkeää, koska tuotteen laatuun ja turvallisuuteen vaikuttaviin alueisiin tulee keskittyä. Vastaavasti toimitusketjun osa-alueilla, joilla ei todennäköisesti aiheudu laatu- ja turvallisuusongelmia tuotteille jäljitettävyyden kehittämisen hyödyt jäisivät minimaalisiksi. (Calvin *ym.*, 2004)

Jäljitettävyys on osa yrityksen riskienhallintaa normaalin laadun kehittämisen lisäksi. Toimintaa kehitettäessä jäljitettävyys tulee muistaa ottaa huomioon omana elementtinään, sillä se takaa organisaation kilpailukyvyyn markkinoilla (Wadhwa, 2013). Technifor (2019b) pitää erityisen tärkeänä, että jokaisen tuotteen kohdalla pystytään vastaamaan kysymyksiin mitä, missä ja milloin. Sääksvuoren ja Immosen (2008) mukaan organisaation nykyistä jäljitettävyyden tasoa voidaan arvioida seuraavien kysymyksien avulla:

- Pystyttekö takaisinkutsumaan vain ne tuotteet, jotka sisältävät viallisen komponentin tai väärän ohjelmistoversion?
- Pystyttekö jäljittämään niiden sijainnin toimitusketjussa?
- Joudutteko takaisinkutsun toteuttamiseksi arvioimaan tuotteita, jotka ovat valmistettu tietyn ajanjakson aikana tai jopa mainostamaan takaisinkutsua?
- Kuinka paljon aikaa ja työtä tarvitaan oikean ajanjakson löytämiseksi?
- Pystyttekö tarjoamaan ohjelmistopäivityksiä tai vikakorjauksia asiakkaille jo ennen kuin asiakas huomaa ongelmaa?

Jäljitettävyyden käyttöönottoaminen osaksi jokapäiväistä toimintaa voi tuottaa organisaatiolle joitakin haasteita. Donnelly ja Thakur (2010) mukaan käyttöönottamiseen liittyvät ongelmat voidaan jakaa teknologisiin ja organisaatiollisiin haasteisiin. Toimitusketjuissa osallisena olevat toimijat vastaavat kukin tahollaan oman datansa oikeellisuudesta. Siten toimitusketjuissa organisaatioiden välillä tulisi olla hyvä luottamus ja avointa tiedonvaihtoa. Muiden organisaatioiden tuottamien tietojen oikeellisuudesta ei koskaan ole kuitenkaan täyttä varmuutta.

Bosona ja Gebresenbet (2013) ovat luokitelleet jäljitettävyyden kehittämisen mahdollisia haasteita informaatiota, tietoisuutta, resursseja, standardeja ja kapasiteettia käsitteleviin ongelmiin. Informaatiotason ongelmia voi olla esim. tiedon epätarkkuus ja haasteet tiedon käytettävyydessä (Ackerley, Lange ja Sertkaya, 2010). Tietoisuus aiheuttaa jäljitettävyydelle haasteita, kun jäljitettävyydinvestointien mukana tuomista hyödyistä on epävarmuutta (Van der Vorst, 2004). Jäljitettävyyteen investoiminen voi olla kallis ja monimutkainen prosessi. Resursseja tarvitaan, ettei taloudellisia ongelmia pääse muodostumaan. (Cnossen *ym.*, 2010) Standardien puute toimitusketjussa tarkoittaa

useiden eri merkitsemisteknologioiden hyödyntämistä, mikä voi aiheuttaa yhteensopivuusongelmia (Gamberi, Manzini ja Regattieri, 2007). Toimiva jäljitettävyyssjärjestelmä vaatii myös riittävän määrän teknistä asiantuntemusta huolehtimaan ja hallinnoimaan järjestelmästä (Feng *ym.*, 2010).

Joissain organisaatioissa ei ole täsmällisiä toimintatapoja tuotetietojen muutosprosessin varalle. Osassa organisaatiota taas on vain muodollisesti ISO 9000 yhteensopiva muutosprosessi. Sitä ei kuitenkaan noudateta päivittäisessä toiminnassa eikä sitä oleteta edes käytettävän. Tällainen toimintatapa voi aiheuttaa haasteita piirustusten ja tuotteiden suunnittelun luotettavuuteen. Esim. komponentteja saatetaan korvata toisenlaisilla komponenteilla ilman mitään ilmoituksia. Komponenttien korvaaminen toisenlaisella saattaisi vaatia myös testausmenetelmien muutoksia uuden komponentin johdosta. Testausmenetelmiä ei kuitenkaan muuteta vaadittavalle tasolle. Vastaavasti piirustuksia saatetaan muokata ilman, että siitä ilmoitetaan eteenpäin. (Stark, 2015)

Jäljitettävyyden puutteellinen seuranta on yksi jäljitettävyyden haasteista. Puutteellinen seuranta voi aiheuttaa myös lisäkustannuksia. Kustannuksia aiheutuu mm. tilanteessa, jossa jotain menee pieleen tai on tehtävä jokin muu muutos. Tällöin tarvitaan lisää henkilövoimavaroja selvittämään, mistä ongelma voisi johtua ja estämään lisäongelmien syntymisen. Ihmisen mukana oleminen osana jäljitettävyyssketjua on omiaan aiheuttamaan lisää virheitä. Ihminen ei välttämättä pysty tarkasti tietämään edes pienien erien yksityiskohtaisia tietoja materiaaleista tai komponenteista. Tällöin myös niiden jäljittäminen muuttuu haastavaksi. (Stark, 2015)

Paperia hyödynnetään edelleen organisaatioissa jäljitettävyyden työkaluina. Paperia hyödynnetään, koska sen ajatellaan olevan halvempi ratkaisu jäljitettävyyden toteuttamiseksi kuin digitaalisen jäljitettävyyssjärjestelmän. Paperinen jäljitettävyyssratkaisu tuottaa kuitenkin ongelmia tiedon varastoinnin, tarkkuuden ja ongelmatapauksessa tiedon etsinnän kanssa. Digitaalisen jäljitettävyyssjärjestelmän ajatellaan olevan kalliimpi ja tuottavan kustannuksia etenkin laitteiston ja ohjelmiston hankinnoista käyttöönottovaiheen ja järjestelmän ylläpitämisen sekä tarvittavan koulutuksen kustannuksia unohtamatta. Jäljitettävyyden takaamiseksi jäljitettävyyssjärjestelmään kannattaa investoida. Jäljitettävyyssjärjestelmien aukottoman toiminnan kannalta on tärkeää huolehtia informaation tallentamisesta. Ilman luotettavaa informaation tallentamista jäljitettävyyssjärjestelmistä ei ole hyötyä. Informaation tallentamiseksi tarvitaan luotettavia toimintamenetelmiä, jotta varmistutaan tiedon oikeellisuudesta ja ajantasaisuudesta. (Diaz Rios, Karippacheril ja Srivastava, 2017)

Tuotteiden merkintä saattaa joissain tapauksissa aiheuttaa haasteita. Vaikka tuote on merkitty asianmukaisesti, joitain sen ominaisuuksia ei siltikään pystytä varmaksi tunnistamaan. Tuotteiden jäljitettävyyden tarkkuutta voidaan kehittää lisäämällä tuotteeseen esim. valmistuspäivämäärä ja eränumero. (Stark, 2015)

2.9 Yhteenveto

Useat tutkijat ovat määritelleet jäljitettävyyttä jo kymmenien vuosien ajan saman suuntaisesti. Eri määritelmissä jäljitettävän tiedon laajuus on kuitenkin vaihdellut. Osalle jäljitettävyyys tarkoittaa tietoa vain tietyn tuotteen sisältämistä komponenteista, kun osa taas määrittelee jäljitettävyyden kattamaan kaikki tuotteelle tehdyt toimenpiteet ja siirrot.

Nykyisin jäljitettävyydelle esitetään vaateita monelta eri suunnalta. Standardien ja lainsäädännön vaateet jäljitettävyydellä vaihtelevat teollisuusaloittain ja ovat monesti vain suuntaa antavia. Omia vaateitaan jäljitettävyyttä kohtaan ovat antamassa myös kuluttajat. Kuluttajat haluavat kasvavissa määrin tietää ostamiensa tuotteiden alkuperää. Teollisuuden aloilla, joilla mittaukset ovat osana tuotantoprosesseja aiheuttavat myös vaatimuksia jäljitettävyydelle.

Tuotteista kerättävä tieto on jäljitettävyyden mahdollistava tekijä. Tuotteiden valmistusprosesseista ja liikkeistä voidaan kuitenkin kerätä loputon määrä erilaista tietoa ja dataa. Epäoleellista tai liian yksityiskohtaista tietoa ei kannata kerätä, sillä toiminnalle tärkeitä tietoja voi tällöin jäädä huomaamatta. Siksi organisaatioiden tulee määrittää se tietty oleellinen tieto mitä kerätään ja kohdennetaan tuotteille, jotta saavutetaan maksimaalinen hyöty jäljitettävyydestä.

Organisaation on mahdollista hyötyä jäljitettävyydestä lukuisilla tavoilla. Hyvää jäljitettävyyden tasoa tavoiteltaessa tulee kuitenkin aina muistaa jäljitettävyyden olevan enemmän kustannuksia tuottava toiminto kuin lisäarvoa tuottava toiminto. Jäljitettävyyden avulla saavutettavat hyödyt voidaan karkeasti jakaa operatiivista toimintaa tehostaviin ja riskejä pienentäviin hyötyihin.

Jäljitettävyyden toteuttamiseksi hyödynnetään usein erilaisia tietokonejärjestelmiä. Jäljitettävyydellä voi olla kokonaan oma järjestelmänsä tai jäljitettävyyys voidaan toteuttaa esim. organisaation toiminnanohjausjärjestelmän kautta. Jäljitettävyyden toteutustavasta riippumatta sopiva jäljitettävyyssjärjestelmä tulee sovittaa organisaation omien tarpeiden mukaan. PDM- ja PLM-järjestelmiä on myös mahdollista käyttää osana jäljitettävyyssprosesseja.

Jäljitettävyyden kehittäminen organisaation tarpeisiin aiheuttaa monesti haasteita ja suuria kustannuseriä. Jäljitettävyyden kustannukset riippuvat monesta tekijästä.

Kustannuksia lisäävät mm. uusien järjestelmien tarve. Kustannuksiin pystytään vaikuttamaan myös jäljitettävyyden kehittämisvaiheessa, jos mukana on toimitusketjun hyvin tuntevia ammattilaisia. Tällöin pystytään keskittymään oikeisiin asioihin prosessin alkuvaiheilta lähtien.

3. MERKITSEMISMENETELMÄT

Valmistavassa teollisuudessa komponenttien merkitsemiseksi on olemassa useita eri teknologiavaihtoehtoja. Usein käytettyjä menetelmiä kestävä merkinneen aikaansaamiseksi ovat mm. pistemerkintä, lasermerkintä, valaminen sekä muotit ja leimat. Erilaiset viivakoodivariaatiot sekä RFID (Radio Frequency Identification Technology) sopivat myös jäljitettävyyden työkaluina käytettäväksi. (Wang, 2014) Merkintään käytettävät teknologiat voidaan luokitella merkintätavan mukaan näkyviin ja ei näkyviin merkintöihin (Intermec, 2007).

Komponenttien merkitseminen ja siten tunnistettavaksi tekeminen on tärkeää monestakin syystä. Jäljitettävyyden toteuttaminen tuotteille vaatii jo itsessään tuotteiden merkitsemistä ja standardit asettavat myös tiettyjä merkintävaatimuksia. Merkitsemällä tuotteet asiakkaat myös tunnistavat ne helpommin ja liittyvät tiettyyn yritykseen. Tällöin merkinnät toimivat samalla mainoksena yritykselle. (Technifor, 2019b)

Côté ym. (2017) mukaan merkinnässä on tärkeää huomioida sen kulutuskestävyys ja luotettavuus. Merkinnöissä tulisi suosia automaation hyödyntämistä. Automaation hyödyntäminen poistaa mahdollisuuden ihmisen tekemälle inhimilliselle merkitsemisvirheelle. Teollisuuden kehittyminen automatisoidumpaan suuntaan lisää osaltaan tarvetta kehittää myös komponenttien tunnistamisen ja merkitsemisen automatisointia (Hand, 2018). Useat merkintätavat ovat manuaalisen tunnistamisen lisäksi yhteensopivia automaattiseen tunnistamiseen. Automaattisen tunnistuksen kanssa voidaan hyödyntää esim. älykortteja, biometristä tunnistusta, magneettista mustetta, viivakoodeja, RFID jne. Automaattista tunnistusta voidaan hyödyntää mm. materiaalivirtojen ja tiedon hallintaan. (Wang, 2014)

Teknologia valintoja tehdessä on tärkeää tietää eri teknologioiden väliset eroavaisuudet. Jotkin teknologiat soveltuvat paremmin tietynlaiseen tiedon keräämiseen ja merkintään kuin toiset. Teknologioiden soveltuvuus tietynlaiseen käyttöön onkin syytä aina varmistaa. (Intermec, 2007) Shannon (2015) mukaan sopivan merkintäteknologian valitseminen on muuttunut entistä tärkeämmäksi valmistavan teollisuuden organisaatiolle. Sopiva merkintäteknologia on avainasemassa, kun halutaan pystyä jäljittämään tuotteet niiden koko elinkaaren ajan. Sopivan merkintäteknologian valinnassa tulisi huomioida materiaali, tuotteen muotoilu, pinnan laatu, tuotteen toimintaperiaate, merkinnän koko, pinnoitteen paksuus ja merkinnän laatu. Lisäksi kun halutaan koko tuotteen elinkaaren kestävä merkintä, tulisi käyttää suoraan

tuotteeseen tehtyjä merkintöjä. Epäsuorilla merkeillä kuten tarroilla ei pystytä saavuttamaan koko elinkaaren kestävyyttä.

3.1 Viivakoodi

Viivakoodi on yksi vanhimmista teollisuudessa käytetyistä tunnistamistavoista ja se on otettu käyttöön jo 1900-luvulla (Stark, 2015). Nykyään viivakoodeja on usean tyyppisiä eri käyttötarkoituksiin. Viivakoodeille on olemassa useita standardeja kuten GS1, UCC (Uniform Code Council) ja EAN (European Article Numbering). (GS1, 2019b)

Automaattista viivakoodipohjaista tiedon keräämistä hyödynnetään yleensä esineiden tunnistamiseen. Tunnistaminen tapahtuu yleensä tuotetta lähettäessä, vastaanotettaessa ja varastoitaessa. Tuotteen tunnistamisen ja seurannan mahdollistaa pakettiin liitetty viivakoodi. (Intermec, 2007)

Useat organisaatiot hyödyntävät viivakoodeja toiminnassaan. Erilaiset 1D-viivakoodit eroavat toisistaan numeroiden määrässä ja muodossa. Esimerkiksi Pohjois-Amerikassa on yleisesti käytössä UPC (Universal Product Code) viivakoodi. UPC-viivakoodissa on 12 numeroa. Toinen yleisesti käytössä oleva viivakoodi on GS1:n luoma EAN-13. Se koostuu nimensä mukaisesti 13 merkistä (kuva 6). (Stark, 2015)



Kuva 6. Vasemmalla mobiili yhteensopiva 2D-koodi ja oikealla 1D EAN-13 viivakoodi

2D-viivakoodi alkoi yleistymään käytössä 1900-luvun lopussa. Yksi yleisimmin käytetyistä 2D-koodeista on QR-koodi. QR-koodi muodostuu pienistä mustista neliöistä (kuva 6). (Stark, 2015) 2D-viivakoodien etuina verrattuna perinteisiin 1D-viivakoodeihin on pienempi tilan tarve ja suurempi informaation tallennuskapasiteetti. 2D-viivakoodit eroavat 1D-viivakoodeista myös teknologiavaatimuksiltaan. 2D-viivakoodien lukemiseen hyödynnetään kameralukijoita perinteisten monisädelukijoiden sijaan. (GS1, 2019b)

3.2 Laser

Laserteknologiaa hyödynnetään monilla teollisuuden aloilla komponenttien merkitsemiseen. (Deneva, Lazov ja Narica, 2015). Myös tutkitusti laser on suotuista tapa kehittää tuotteiden jäljitettävyyttä. Laser tuo hyvien merkitsemisominaisuuksien lisäksi myös haasteita turvallisuuden puolelle. Tehokkaat laserit voivat aiheuttaa väärin asennettuina tai käytettyinä pysyviä vammoja. (Côté, Desmeules ja Dufour, 2017) Oikein asennettuna laser on kuitenkin turvallinen valinta työntekijöille ja tuotteiden loppukäyttäjille. Laserkaiverrettuja tuotteita käytetään jopa hammaslääkärien toimesta hampaidenhoitotoimenpiteisiin. (SPI Lasers, 2019)

Lasermenetelmät komponenttien merkitsemiseksi voidaan jakaa kahteen osa-alueeseen: laserkaiverrukseen ja lasermerkintään. Laserkaiverrus on menetelmä, jossa komponentin pinnalta poistetaan materiaalia. Materiaalin poistaminen tapahtuu pintaa sulattamalla, jolloin samalla materiaalia haihtuu. Lasermerkinnällä puolestaan voidaan viitata useampaan eri laserilla toteutettavaan prosessiin. Tällaisia merkintäprosesseja ovat mm. hehkuttaminen, värjääminen ja vaahdottaminen. (Deneva, Lazov ja Narica, 2015)

Merkintää tehdessä kuitulaserteknologian avulla merkittävä komponentti ja laserlaite eivät ole suoranaisesti kosketuksissa toisiinsa. Kuitulasermerkinnässä toiminta perustuu lasersäteen tuottamaan lämpöön, jonka seurauksena komponentin pinnalla tapahtuu hapettuminen. Hapettuminen aiheuttaa kestävästä merkinnästä värin muutoksen. Laser ei siten poista merkittävää komponentista materiaa. Lasersäde tuottaa lämmön keskitetysti hyvin pienelle alueelle eikä siten aiheuta muulle materiaalille minkäänlaista vahinkoa. (SPI Lasers, 2019)

Laserin avulla tehtävä merkintä on täysin muokattavissa tarpeiden mukaan (Kuva 7). Laserin etuina voidaan pitää sen nopeutta, joustavuutta, hyvää lämmön kestävyyttä, edullisia käyttökustannuksia, korkearesoluutioista pysyvää merkintäjälkeä ja kulutustarvikkeista (kuten musteesta) vapaata käyttöä sekä vähäistä huollon tarvetta. (Deneva, Lazov ja Narica, 2015; Laserax, 2019) Stephens (2016) mukaan laser on jopa yksi nopeimmista tavoista tehdä merkintöjä, ja mahdollistaa siten korkean tuottavuuden alhaisin merkintäkustannuksin.



Kuva 7. Kontrastia korostava merkintä ja värjätyn alumiinin merkintä (Technifor, 2019a)

Jokaisella laserteknologia vaihtoehdolla on omat hyvät ja huonot puolensa. Sopivan lasermenetelmän valintaan vaikuttaa laatuvaatimukset ja työstettävä materiaali. Näiden lisäksi organisaation tulisi huomioida sopivan teknologian löytämiseksi kustannukset, helppokäyttöisyys, valmistajan suositukset, laitteistovaatimukset, takuu, huollon tarve ja laserin ominaisuudet. (Deneva, Lazov ja Narica, 2015)

3.3 RFID

RFID on langaton radiotaajuuksiin perustuva järjestelmä. Käyttöraajuuden mukaan järjestelmät voidaan luokitella matala-, korkea- ja erittäin korkea taajuuksiin järjestelmiin. RFID -järjestelmissä käytettävät tunnisteen puolestaan luokitellaan niiden virrankäytön mukaan passiivisiin ja aktiivisiin tageihin. RFID tunnisteen on elektroninen laite, joka pystyy kommunikoimaan lukijoiden kanssa. RFID -järjestelmissä tieto kulkee tuotteisiin kiinnitettyjen tunnisteen mukana, jotta seuranta ja tunnistaminen olisi mahdollista. Tunnisteet ovat pitkäikäisiä sillä ne voidaan uudelleen kirjoittaa jopa 100 000 kertaa. (Wang, 2014) Kuvassa 8 on esitetty erilaisia passiivisia ja aktiivisia RFID tunnisteen.



Kuva 8. Erilaisia RFID tunnisteita (Wang, 2014, s. 110)

Passiivisilla ja aktiivisilla tunnisteilla on useita eroavaisuuksia (Taulukko 2). Passiiviset tunnisteet ovat yleensä pidempi-ikäisiä ja halvempia kuin aktiiviset tunnisteet. Vastaavasti aktiivisia tunnisteita voidaan hyödyntää laajemmin niiden suuremman tallennuskapasiteetin ja kantaman ansiosta.

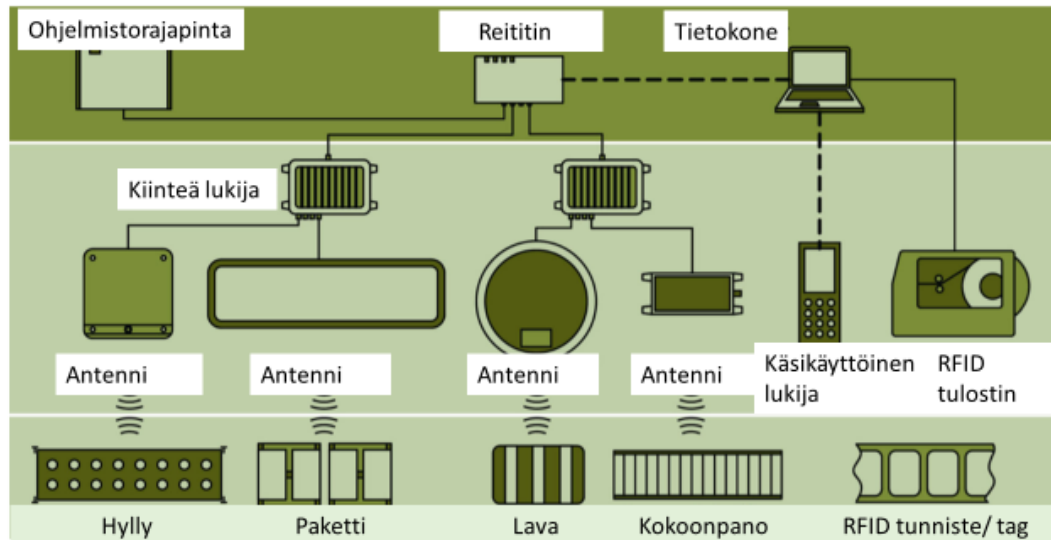
Taulukko 2. Aktiiviset ja passiiviset tunnisteet (Beaudry ym., 2017, s. 1063)

	Aktiiviset tunnisteet	Passiiviset tunnisteet
Virtalähde	Patteri	-
Lukuetäisyys	<100m	<30m
Tiedon tallennus	128 Kbit	128 bit
Ulkomitat	Käytöstä riippuva	Yleensä pienikokoisia, kuten tarra, nappi tai luottokortti
Käyttöikä	3-8 vuotta	<10 vuotta
Hinta	<100\$	0,1-5\$
Käyttökohde	Seuranta, toimitusketjunhallinta, älykkäät etiketit	Reaaliaikainen jäljitys nopeassa tuotannossa

RFID (radiotaajuusteknologia) sopii käytettäväksi useisiin kohteisiin. Sitä voidaan hyödyntää toimitusketjuissa, tuotannossa, logistiikassa, kirjastoissa ja maataloudessa yms. RFID mahdollistaa tarkan, automaattisen ja välittömän tuotteiden jäljitettävyyden. Kokonaisen RFID-järjestelmän käyttöönottoaminen teollisuudessa on kuitenkin edelleen haastavaa. (Quirk, 2007; Chryssolouris ym., 2009; Wang, 2014)

Toimivan RFID-järjestelmän aikaansaamiseksi tarvitaan useita komponentteja. RFID-järjestelmän voidaan katsoa muodostuvan ”rauta” puolesta ja ohjelmisto puolesta. ”Rauta” puolen fyysisiä komponentteja ovat mm. tunnisteet (tagit), antennit, lukijat, kaapelit ja printterit (Kuva 9). Ohjelmistopuolelta mukaan tarvitaan työkaluja tunnisteiden aktivoimiseen, valmistustietojen keräämiseen ja muuhun datan hallintaan. Osaksi

järjestelmää tarvitaan myös tallennustilaa kerättävälle datalle. Yksittäisiä komponentteja tärkeämpänä tulee kuitenkin näiden kaikkien yhteensopivuus ja toiminta keskenään. RFID-järjestelmää käyttöönotettaessa on tärkeää huomioida myös muut käytössä olevat järjestelmät ja tehdä niiden tarjoajien kanssa yhteistyötä parhaan mahdollisen ratkaisun saamiseksi. (Wang, 2014)



Kuva 9. RFID-järjestelmä osat ja periaate (Wang, 2014, s. 110)

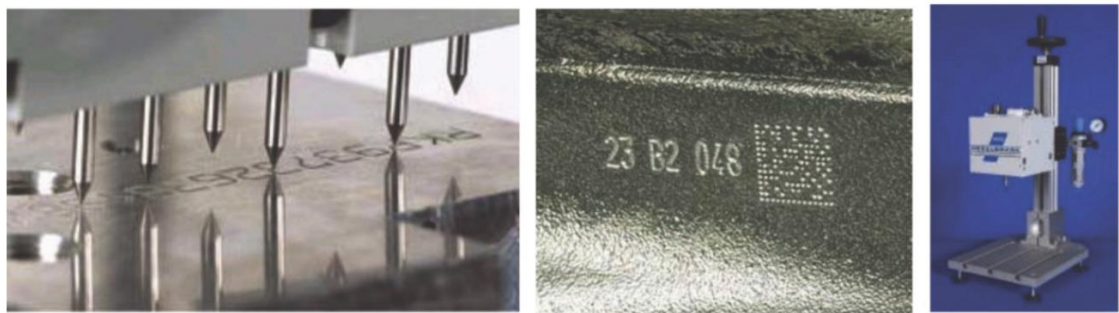
Beadry ym. (2017) mukaan tärkeimpiä RFID-järjestelmän käyttöönottoa puoltavia tekijöitä on tarve kehittää tuotannon kulkua ja jäljitettävyyttä. Wang (2014) mukaan RFID-järjestelmää voidaan hyödyntää lukuisilla tavoilla valmistavassa teollisuudessa:

- Kehittämällä uudelleenkäytettävien varojen hyödyntämistä jäljittämällä niiden sijaintia ja käyttöä.
- Kehittää laadunvalvontaa asettamalla tunnistet raaka-aineisiin, työstettäviin sekä valmiisiin varastossa oleviin tuotteisiin.
- Kehittää varaston jäljitettävyyttä reaaliaikaisella automaattisesti synkronoituvalla tiedonkululla.
- Kehittää huollon toimintaa tarkan ja yksityiskohtaisen tiedon avulla.
- Kehittää tuotantolinjan toimintaa vähentämällä viallisia tuotteita ja lisäämällä linjan tehokkuutta tagien keräämän tiedon avulla.
- Tuottaa tarkkaa jäljitettävyydestä tuotteista keräämällä tietoa jokaisesta valmistus vaiheesta läpi toimitusketjun.
- Nopeuttaa laitteiden kokoamista, kun tunnistetien avulla tiedetään heti yhteenkuuluvat osat (Hand, 2018).

RFID-järjestelmän automaattinen toiminta mahdollistaa työvoimakustannusten vähentämisen toiminnan optimointien avulla. Samalla työn turvallisuutta on mahdollista parantaa, kun ihmisen ei tarvitse olla keräämässä tietoa. (Beaudry *ym.*, 2017) RFID-teknologiasta hyöttyy myös tuotteen loppukäyttäjä. RFID mahdollistaa puhelimen avulla tuotteen historiatietojen luvun ja tarvittaessa jopa suoran palautteen antamisen valmistajalle. (Aung ja Chang, 2014)

3.4 Pistemerkintä

Pistemerkintä on yksi lähikontaktiin perustuvista merkintätekniikoista. Merkinnän aikaansaamiseksi kovametallikärkeä ohjataan yleensä sähköisesti tai pneumaattisesti. Pistemerkintälaitteistossa voi olla samanaikaisesti yksi tai useampi kovametallikärki merkinnän toteuttamiseen (Kuva 10). Merkintä muodostuu kovametallikärjen fyysisestä kontaktista merkittävään pintaan. Pistemerkinnän luettavuuteen voidaan vaikuttaa voimalla, jolla pisteet tehdään, sekä merkinnän koolla, muodolla ja sijoittelulla. (Shannon, 2015)



Kuva 10. Pistemerkintälaitteiston avulla toteutettu merkintä (Shannon, 2015, s. 4)

Pistemerkinnän avulla voidaan tehdä erilaisia merkkejä ja jopa 2D-viivakoodeja. Suurimpana pistemerkinnän etuna on sen hyvä kestävyys. Pistemerkinnän hyvän kestävyysmahdollistaa kaiverrustekniikka, jolla merkinnät tehdään. Pistemerkintää hyödynnetään usein tukemaan muita vähemmän kestäviä merkintätapoja. Siksi sillä toteutetaan yleensä pysyväksi suunnitellut merkinnät, kuten laitteen sarjanumerot yms. (Côté, Desmeules ja Dufour, 2017) Pistemerkinnän etuina voidaan pitää myös laitteiston edullisia hankintakustannuksia (Shannon, 2015).

Pistemerkinnän eli kaivertamisen mukana tulee myös haasteita. Suurimpina menetelmän ongelmia ovat sen hitaus ja suuri huollon tarve. (Laserax, 2019) Menetelmän haasteena on myös sen heikko kontrasti (Côté, Desmeules ja Dufour, 2017).

3.5 Mustesuihku

Mustesuihkumerkintä on yksi kontaktivapaista merkintätavoista. Mustesuihkutuksessa merkintä perustuu suuttimien läpi suihkutettuun musteeseen ilman kontaktia merkittävään tuotteeseen/ komponenttiin. Merkintää tehdessä merkittävän osan tulisi olla tapahtuman ajan liikkeessä. Mustesuihkutuksen avulla pystytään merkitsemään jopa nopeasti liikkuvia komponentteja (Kuva 11). Merkintavan käyttöönottoa puoltaa myös laitteiston edulliset hankintakustannukset. (Shannon, 2015)



Kuva 11. Mustesuihkumerkinnän toteutus (Pannier, 2019)

Mustesuihkumerkintää voidaan hyödyntää tarrojen tapaan niin pienille kuin suurillekin tuotteille. Tarroihin verrattuna se ei ole myöskään yhtä vaativa pinnan tasaisuudesta. Suihkutettavan pinnan puhtaus vaikuttaa merkinnän kestävyys. Merkittävällä pinnalla ei tulisi olla öljyjäämiä, sillä se heikentää musteen tarttumista. Mustesuihkun käyttäminen vaatii säännöllistä puhdistamista musteiden käytöstä johtuen. Lisäksi pitkäaikainen altistuminen säälle voi vaikuttaa merkinnän kestävyys. (Côté, Desmeules ja Dufour, 2017) Musteiden laaduissa saattaa olla myös vaihtelua, ja se vaikuttaa omalta osaltaan merkinnän kestävyys (Laserax, 2019). Mustesuihkutuksen soveltuvuutta merkintämenetelmäksi rajaa merkittävän osan tarve olla liikkeessä. Mustesuihkun ongelmaksi voidaan laskea myös menetelmän korkeat käyttökustannukset. (Shannon, 2015)

3.6 Manuaaliset menetelmät

Tuotteiden merkitseminen käsin on edelleen yleistä useilla tehtailla. Käsin maalaamalla sapluunoiden avulla, rei'ittämällä tai tarroilla voidaan saavuttaa kestävä tunnistamisen mahdollistava merkintä. Tuotteiden merkitseminen käsin on kuitenkin virhealtis menetelmä ja se vaatii työvoimaa. Manuaalisesti tehty merkintä tulee myös kirjoittaa ylös kyseisen tuotteen tietoihin, tällöin riskinä on merkinnän kirjaamisen unohtaminen.

Manuaalisen merkinnän sijoittelu voi myös aiheuttaa haasteita, jos käytössä on automaattisia tunnistusjärjestelmiä. (Côté, Desmeules ja Dufour, 2017)

Tarrat ovat yksi manuaalista tavoista toteuttaa tuotteiden merkitseminen ja tunnistaminen. Tarrojen avulla toteutettava merkintä voidaan suorittaa automaattisestikin, mutta tarrat vaativat tuotteelta tarkan asettelun. Lisäksi tarroitettava kohta tulee olla tasainen ja puhdas. Varsinkin öljyn läsnäolo pinnoilla estää tarrojen tarttumisen. Tarrojen haasteina voidaan pitää myös lämpötilaa, sillä tarra ei tartu kylmään pintaan ja se saattaa vaurioitua liian kuumasta pinnasta. Tarrojen käyttämisen hyvinä puolina on sen soveltuvuus kaiken kokoisten tuotteiden merkitsemiseen. (Côté, Desmeules ja Dufour, 2017)

3.7 Yhteenveto

Valittaessa sopivaa merkintäteknologiaa organisaation tulee keskittyä menetelmien tiettyihin ominaisuuksiin (Taulukko 3). Valintavaiheessa tulee huomioida, että osa menetelmistä sopii paremmin tietyille materiaaleille kuin toiset menetelmät. Merkintäteknologioille on myös ominaista, että toiset menetelmät sopivat paremmin automatisoidumpaan merkintään ja siten suorittavat merkintäprosessin nopeammin. Merkintäteknologiat ovat investointien ja käyttökustannusten osalta myös eri luokissa, eikä siten hankinnan taloudellista näkökulmaa tule unohtaa. Valintavaiheessa tulee myös huomioida merkinnän tyyppi ja sisältämä tietomäärä, joka halutaan tuotteeseen sisällyttää. (Deneva, Lazov ja Narica, 2015)

Taulukko 3. *Merkintäteknologioiden vertailu, muokattu lähteestä* (Wang, 2014; Deneva, Lazov ja Narica, 2015; Shannon, 2015; Côté, Desmeules ja Dufour, 2017)

	Investoinnin hinta	Käyttökustannus	Merkinnän joustavuus	Merkinnän kestävyys	Merkintäpinnan herkkyys
Laser	€€€	€	+++	+++	Ei vaikutusta
Mustesuihku	€€	€€-€€€	+++	+	--
Tarrat	€€	€€-€€€	+++	+	--
Piste	€	€	++	+++	-
RFID	€€€	€-€€	+++	++	-

Lasermerkinnän käyttämisellä on monia etuja perinteisiin merkintäteknologioihin verrattuna. Laserilla tehty merkintä on kestävä, sillä se tehdään suoraan tuotteen pintaan. Laser on myös operointikustannuksiltaan edullisempi kuin sen verrokki, koska laser ei tarvitse merkintään kulutustuotteita kuten mustetta tai tarrapaperia. Siten laserin käyttäminen merkintään on myös ympäristöystävällisempi vaihtoehto. (Deneva, Lazov ja Narica, 2015; Shannon, 2015) Tuotteiden pinnan puhtaudella ei ole myöskään laserille merkittävää vaikutusta toisin kuin tarroille tai mustesuihkutukselle (Côté, Desmeules ja Dufour, 2017).

Mustesuihkutusta käytetään tyypillisesti valmistusprosesseissa, joissa merkintä tapahtuu tuotteen liikkuesssa. Merkinnän laatu ja kestävyys ovat kuitenkin heikolla tasolla. Kun merkinnältä tarvitaan erittäin hyvää kestävyyttä, käytetään yleensä pistemerkintää. Pistemerkinnän haittapuolina on kuitenkin merkintäprosessin hitaus. (Shannon, 2015)

RFID-teknologian käyttöönottoa viivakoodin sijaan voidaan perustella usealla tavalla. RFID-tunnisteeseen voidaan tallentaa suuri määrä tietoa. Tunnisteisiin tallennetuista tiedoista jää siten järjestelmään merkinnät, historiatiedot ja vahva näyttö toteutetuista toimenpiteistä. RFID-tunnisteiden automaattinen tunnistusmenetelmä ei ole myöskään herkkä pölylle toisin kuin viivakoodin vaativa kamera. Lisäksi automaattinen tunnistus mahdollistaa RFID-tunnisteen lukemisen/ kirjoittamisen ilman työvoimaa. (Beaudry ym., 2017)

4. MENETELMÄ JA AINEISTO

Tässä luvussa käsitellään tutkimuksessa hyödynnettyä aineistoa ja menetelmiä. Diplomityön toteuttamiseksi lähdemateriaalia on kerätty perinteisin menetelmin kirjallisuudesta, artikkeleista ja internetistä, joihin työn teoriaosio perustuu. Tämän työn tutkimusosuus on puolestaan toteutettu kvalitatiivisena tapaustutkimuksena. Kvalitatiivinen tutkimusmuoto valittiin työhön, koska haluttiin vastauksia mitä, miksi, millainen kysymyksiin. Tapaustutkimus toteutettiin yrityshaastatteluiden avulla heidän jäljitettävyyden toimintatapojen selvittämiseksi. Haastatteluiden tueksi on suunniteltu kysymysrunko, johon on hyödynnetty teoriaosuudesta opittuja asioita. Haastattelut ovat suoritettu pääosin yritysvierailuina. Haastatteluiden läpikäymiseen on hyödynnetty vertailuanalyysimenetelmää.

Tapaustutkimuksella tarkoitetaan tutkimussuunnitelmaa, jossa hyödynnetään erilaisia menetelmiä ja aineistoja. Tapaustutkimusta hyödynnetään tyypillisesti yksittäisten tai pienten joukkojen tarkastelemiseen. Tapaustutkimukselle on ominaista, että tapauksesta kerätään aineistoa laajasti useita menetelmiä käyttäen. (Bamberg, Jokinen ja Laine, 2015) Tapaustutkimuksessa voidaan siten hyödyntää kvantitatiivista ja kvalitatiivista menetelmää (Hirsjärvi ja Hurme, 2008).

Kvalitatiivisella tutkimuksella tarkoitetaan laadullista tutkimusta, jossa ennakkoon suunniteltuihin kysymyksiin vastataan vapaamuotoisesti (Tilastokeskus, 2019). Kvalitatiivisessa tutkimuksessa aineistoa kerätään useimmiten haastatteluilla, havainnoimalla, kyselyillä ja dokumenteista koostamalla. Kvalitatiivisen tutkimuksen kanssa voidaan yhdessä hyödyntää myös kvantitatiivista eli määrällistä tutkimusta tukemaan laadullisia tuloksia. (Sarajärvi ja Tuomi, 2018)

4.1 Aineiston kerääminen

Aineiston keräämismenetelmän kvalitatiivisesta luonteesta johtuen haastattelua tavoiteltiin kohdeyritys mukaan lukien kymmeneltä yritykseltä, jotta aineiston käsittely ei muuttuisi liian haastavaksi. Vertailuun valituille yrityksille ei asetettu suoria ominaisuusvaatimuksia. Yritykset pyrittiin valitsemaan monipuolisesti eri kokoluokista, mutta kuitenkin valmistavan teollisuuden alueelta Suomesta. Mahdollisten vertailuyritysten ideointia suoritettiin jo diplomityön aloitustapaamisessa. Myöhemmin työn edetessä yrityslistaa täydennettiin. Vieraampien yritysten kohdalla tarvittavia yhteystietoja haettiin jopa heidän nettisivustojen chat-asiakaspalveluiden avustuksella.

Haastatteluja pyrittiin järjestämään kohdeyrityksen lisäksi kaiken kaikkiaan yhdeksän yrityksen kanssa. Kahdeksalta yritykseltä saatiin vastaus, joista neljä oli kielteisiä. Yhteistyöstä kieltäytyneet yritykset vetosivat mm. kilpailevaan tytäryhtiöön, liikesalaisuuteen ja liian yksityiskohtaisia asioita kyselevään kysymyspatteristoon. Yhden yrityksen osalta sähköpostiin ei saatu vastausta ollenkaan useammasta tavoittelusta huolimatta. Siten haastatteluihin saatiin kohdeyrityksen lisäksi neljän yrityksen edustajat.

Kohdeyrityksen nykytilan selvittämiseksi luotiin kysymysrunko (Liite A). Kysymysrungon avulla suoritettiin myös vertailuyrityksiin haastattelut heidän käytännöistään. Vertailtavia yrityksiä lähestyttiin sähköpostitse asian tiimoilta. Haastattelutilanteet nauhoitettiin puhetallenteeksi. Puhetallenteet ovat myöhemmin kirjoitettu auki ja niiden sisältö on jaettu kappaleessa viisi eri kategorioihin.

4.2 Vertailuanalyysin toteutus

Vertailuanalyysissä yritykset tai muut organisaatiot vertaavat omia valmistusprosessejaan tai toimintatapojaan toisiinsa. (UEF, 2019) Housley (1999) puolestaan yksinkertaistaa vertailuanalyysin toisten ideoiden kopioimiseen. Vertailuanalyysin avulla organisaatiot voivat myös selvittää omaa nykytilaansa ja sitä kautta päästä käsiksi kehitystä vaativiin prosesseihin. Vertailuanalyysin käyttämisessä on myös psykologinen vaikutus, sillä omaa toimintaa lähdetään helpommin kehittämään, kun on ensin nähty muiden käytössä kyseiset menetelmät. Psykologinen vaikutus perustuu epävarmuuden pienenemiseen ja turvallisuuden tunteen lisääntymiseen potentiaalista kehitysmenetelmää kohtaan.

Vertailuanalyysin toteuttamiseksi tehdään monesti yhteistyötä muiden yritysten kanssa. Tämä ei kuitenkaan ole ainut tapa toteuttaa vertailuanalyysiä. Muita mahdollisia toimintatapoja vertailuanalyysin toteuttamiseksi ovat erilaiset kirjalliset ja internetperusteiset lähteet. (UEF, 2019) Yleensä organisaatiot oppivat ja kehittävät toimintaansa vähitellen ajan kuluessa. Yleistä kehittämistä tärkeämpää on kuitenkin miettiä kehityksen riittävyttä kilpailukyyn säilyttämiseksi. Vertailuanalyysiin on hyvä ottaa mukaan organisaatioita useammilta teollisuuden aloilta. Kun vertailussa on mukana useampia teollisuuden aloja, mukana on myös suurempi määrä erilaisia näkökulmia. Erilaisten menetelmien ja näkökulmien avulla vertailuanalyysistä on mahdollistaa saavuttaa suuremmat hyödyt. Vertailuanalyysin avulla organisaatiot etsivät uusia suorituskyyvyn tasoja ja näkökulmia, jotka tulisi asettaa omiksi tavoitetasoiksi kilpailukyyn säilyttämiseksi. (Hill ja Hill, 2009)

Vertailuanalyysin avulla yritys voi hyötyä monella tapaa. Yritys voi kuroa kilpailevan yrityksen etumatkaa kiinni tietyllä osa-alueella. Kriittisen pisteen tunnistaminen toiminnasta on myös mahdollista vertailun avulla ja sen paikkaaminen parhailla käytännöillä. Vertailun avulla voidaan ottaa käyttöön uusia teknologioita entistä tehokkaammin. Kaikista merkittävimpänä vertailuanalyysin hyötynä on kuitenkin kustannusten minimointi ja kustannustehokas ajankäyttö, sillä toimintatapoja ei tarvitse keksiä uudelleen, kun ne adaptoidaan jo käytössä olevista menetelmistä. (Sekhar, 2010)

4.3 Case-yritysten kuvaukset

Tässä alaluvussa kuvataan lyhyesti tutkimukseen valikoituneet neljä case-yritystä. Yritys Alfa on suomalainen keskisuuri perheyriutus. Alfa valmistaa työkaluja, ohjelmistotuotteita ja tarjoaa asiantuntijapalveluita. Alfa liikevaihto on 100-200 M€. Haastattelu yrityksen toimintatavoista jäljitettävyyden saralla suoritettiin yrityksen tiloissa noin kahden tunnin vierailulla. Alfa haastatteluun osallistui ohjelmistojen parissa toimiva diplomi-insinööri. Hänellä on noin 10 vuoden kokemus Alfa käytännöistä.

Yritys Beta oli pitkään suomalainen pk-kokoluokan perheyriutus, kunnes suuremman luokan sijoittajat ostivat sen 2010-luvulla. Beta toimii energiatehokkuusalalla komponenttien valmistajana. Beta liikevaihto on alle 100 M€. Beta liiketoiminta koostuu metallisten komponenttien valmistuksesta sekä elektronisista laitteista. Beta käytäntöjen kartoitus suoritettiin noin tunnin haastattelun avulla yrityksen toimitiloissa. Beta käytännöistä oli vastaamassa alalta yli 20 vuoden kokemuksen omaava tuotekehitystaustainen henkilö.

Yritys Gamma on osa suurta suomalaista konsernia. Gamma on metalliteollisuuden toimija ja sen liiketoiminta keskittyy työkalujen valmistamiseen. Gamma on liikevaihdoltaan alle 100 M€ toimija. Gamman haastattelu suoritettiin noin kahden tunnin yritysvierailulla heidän toimitiloissaan. Haastattelussa oli mukana diplomityön kohdeyrityksestä kaksi tuotannon vastuuhenkilöä ja Gamman puolelta viiden henkilön kokenut asiantuntijatiimi tekniskaupallisella taustalla.

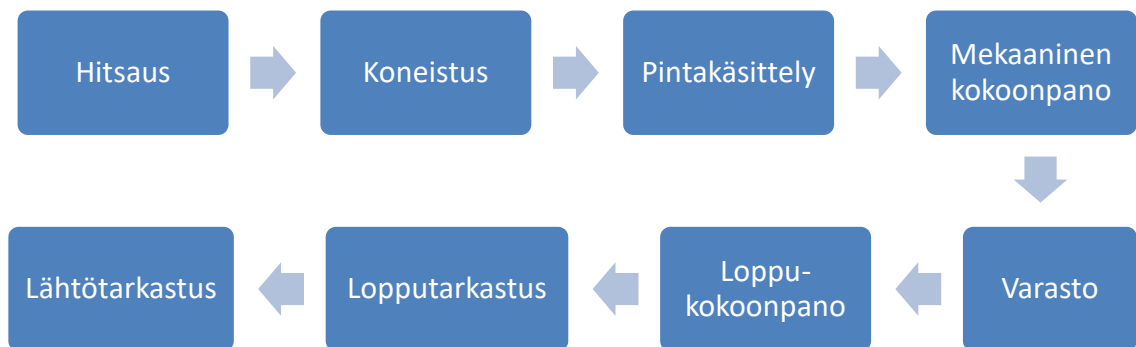
Yritys Delta on yksi Suomen suurimpia yrityksiä. Delta toimii kone- ja rakennusteollisuuden parissa laitevalmistajana ja kunnossapitopalveluita tarjoavana yrityksenä. Deltan liikevaihto on miljardiluokkaa. Deltan käytäntöjen selvitys suoritettiin Skype välityksellä noin 40 minuutin haastattelulla. Deltan toimintatavoista kertoi noin 15 vuoden kokemuksen yrityksestä omaava henkilö. Hänellä on pitkä tausta yrityksen eri toiminnoissa kuten kehitysprojekteista ja johtotehtävistä.

5. JÄLJITETTÄVYYDEN KÄYTÄNNÖT

Tässä luvussa käsitellään kohdeyrityksen sekä vertailtavien yritysten nykyisiä käytäntöjä jäljitettävyyden toteuttamiseen.

5.1 Kohdeyrityksen jäljitettävyyden käytännöt

Kohdeyrityksen tuotanto noudattaa konepajateollisuudelle tyypillisiä valmistusprosessin vaiheita (kuva 12). Valmistusprosessin ensimmäisenä vaiheena on hitsaus. Hitsauksen osalta jäljitettävyyden tueksi käyttöön on otettu WeldEye-hitsaushallintaohjelmisto. Hitsausvaiheen yhteydessä alustoihin merkitään pistemerkinnän avulla rungon numero. Samaan yhteyteen hitsaaja lisää oman hitsaajatunnuksensa. Hitsaajatunnuksesta selviää alustan hitsauksen suorittanut hitsaaja ja alustan malli. Muihin komponentteihin ei valmistusprosessin aikana tehdä merkintöjä. Yksittäisissä alihankintana ostettavista komponenteissa on myös yksilöivät tunnisteet valmiina.



Kuva 12. Prosessikaavio tuotannon vaiheista

Pintakäsittelyvaiheeseen asti tuotannossa pyritään käsittelemään erät kerralla. Erien kerralla käsittely mahdollistaa aikaperusteisesti tarkan seurannan erän etenemisestä tuotannossa. Pintakäsittelyvaiheen jälkeen pyritään edelleen noudattamaan FIFO periaatetta (First In First Out), mutta perättäiset valmistuserät saattavat sekoittua keskenään. Erien sekoittuminen vaikeuttaa eräkohtaista seurantaa ja esim. yksittäisen komponentin sulatuserästä ei voida olla enää täysin varmoja.

Valmistusprosessin vaiheista ei kerätä yksityiskohtaisia tietoja esim. maalipinnan paksuuksista. Valmistusprosessin vaiheista kerätään kuitenkin tietoja mm. jokaisen päivittäisistä työtehtävistä. Koneistuksen yhteydessä suoritetaan aina erän ensimmäiselle tuotteelle mittaukset niin, että varmistutaan tuotteen olevan valmistettu toleranssien mukaan. Sama mittausprosessi toistetaan valmistuserän puolivälissä ja

vielä lopuksi erän viimeiselle tuotteelle. Mittauksista ei kuitenkaan kirjata ylös tuote- tai eräkohtaista jäljitettävyystietoa. Valmistusprosessin lopuksi tuotteet käyvät lävitse erilaisia tarkistuksia tarkistuslistoja hyödyntäen. Tarkistuksien yhteydessä suoritetaan myös standardien edellyttämät sähköiset mittaukset. Suoritetut tarkistukset arkistoidaan niin, että tiedot ovat löydettävissä laitekohtaisesti. Valmistusprosessin ajalta paperisiin työmääräimiin kirjataan mahdolliset poikkeamalöydökset. Työmääräimiin kirjatut tiedot viedään valmistusprosessin lopuksi käsityönä sähköiseen muotoon ERP-järjestelmään (Enterprise Resource Planning). Tarkistusten jälkeen koneet ohjataan vielä koeajettaviksi. Koeajolla varmistetaan koneen 100% fyysinen toiminta. Koeajoista ei kuitenkaan kerätä erillistä tietoa ylös.

Tällä hetkellä liiketoiminnan tukena hyödynnetään ERP -järjestelmää. ERP-järjestelmän lisäksi WeldEye-hitsaushallintaohjelmistoa ajetaan sisään hitsauksen jäljitettävyyttä tukemaan. Erillistä PDM, PLM tai muuta jäljitettävyyssjärjestelmää ei ole käytössä. PDM-järjestelmän käyttöönottoaminen on kuitenkin ollut suunnitteilla. Nykyisillä järjestelmillä tuotannon etenemistä pystytään seuraamaan tilauskohtaisesti. Seurannasta on mahdollista nähdä esim. hitsauksen valmistuminen hitsaajan lukiessa tuotteen viivakoodin. Samalla valmis hitsattu osa poistuu varastosaldosta.

Nykyisessä toimintamallissa tuotteiden jäljittäminen perustuu suurelta osin varastonhallintaan ja valmistuserien ajanjakson arvioimiseen. Tavarán saapuessa varastoon erälle suoritetaan kappalemäärällinen tarkistus. Jokaisesta varastoon saapuvasta lavasta kirjataan saapumispäivämäärä järjestelmään, lavoilla on myös omat tilausnumeronsa. Näin jokaiselle osalle pystytään osoittamaan päivämäärä, koska se on varastoon saapunut. Varastonkierron osalta pyritään noudattamaan FIFO-periaatetta.

Viallisen komponentin löydyttyäessä tarkastellaan komponenttiterien saapumispäivämääriä, komponentin varastosaldoa, tietoja koska komponentteja on käytetty, montako on käytetty ja mille työlle on käytetty. Näiden tietojen perusteella pyritään haarukoimaan oikea ajanjakso, jolloin viallinen tuote on saapunut varastoon. Jos viallisen komponentin takia joudutaan harkitsemaan takaisinkutsua tai turvallisuutta uhkaavassa tilanteessa käyttökieltoa, tehdään tapauskohtainen arvio turvallisesta eräkoosta. Ajanjaksoperusteisella arvioinnilla pystytään viallinen eräkokoa rajaamaan maksimissaan kymmeniin koneisiin. Tällöin jälleenmyyjille ilmoitetaan viallisista koneista ja viat saadaan korjattua.

Saapumispäiviin ja varastosaldoihin perustuvalle jäljityskäytännölle on kriittistä FIFO-periaatteen noudattaminen. Jos vanhaa saapumiserää ei ole yhtään jäljellä uuden erän tullessa varastoon, tiedetään tarkalleen koska erän komponentteja on käytetty.

Varastoinnille ja jäljitettävyydelle haasteita kuitenkin aiheuttaa tilanne, jossa vanhaa erää on vielä jäljellä. Tuotteille on varastossa yksi paikka. Jos vanhaa erää on vielä jäljellä, uusi erä varastoidaan vanhan toimituserän hyllypaikan eteen. Tällöin on mahdollista, että uutta erää aloitetaan virheellisesti käyttämään vanhan ollessa vielä kesken. Kyseinen virheen mahdollisuus on läsnä hitsausta odottavien komponenttien ja tappien kohdalla. Hitsattavia tilauseriä saattaa olla hyllyssä useampia, jolloin on mahdollista uudemman ja vanhemman erän sekoittua. Tällöin mahdollisen vian löytyessä takaisinkutsumaan joutuisi kahden erän tuotteet. Tappien osalta olisi kuitenkin suurimmat haasteet, sillä varastossa laatikkoa täydennetään vanhojen tappien päälle.

Ajoittain loppukäyttäjille pääsee tuotteita, joissa on viallinen komponentti tai ennenaikaisesti hajoava komponentti. Mahdolliset ongelmatilanteet tutkitaan tapauskohtaisesti ja tehdään tarvittavat selvitykset tuotannon ajalta. Tarvittaessa selvityksissä voidaan hyödyntää myös tavarantoimittajia, sillä sylinteriaihioita lukuun ottamatta komponenttien materiaalitodistukset ovat tavarantoimittajilla

5.1.1 WeldEye-hitsaushallintaohjelmisto

WeldEye on yleisesti hitsauksen laadun- ja tuotannonhallintajärjestelmä. Järjestelmän avulla pyritään minimoimaan turhaa paperien pyörittelyä digitalisoimalla hitsaukseen liittyviä toimintoja. WeldEye -järjestelmä koostuu hitsaushenkilöstön hallinnasta heidän pätevyyksineen, hitsausohjeista (WPS) sekä laadunhallinnasta.

Hitsausohje kertoo hitsaajalle mm. parametrit, hitsausasennot ja käytettävän lisäaineen (kuva 13). Siitä selviää myös mitkä perusaineet tulee valita, mitä materiaalia niiden tulee olla, minkä paksuiset ja millainen liitos tulee tehdä. WeldEyessa hitsausohjeet ovat aina tallessa pilvessä, eikä ole vaaraa, että ohjeet voisivat hävitä esim. kovalevyn tuhoutuessa. Hitsatessa WeldEye kerää tietoja hitsauskoneista sekä hitsaajilta. Hitsauskoneista WeldEye kerää mm. hitsaukseen liittyviä parametrejä ja hitsaajilta tietoja mitä ja milloin on tehty. Yhdessä nämä tiedot takaavat tarkan jäljitettävyyden hitsausaumoille. Hitsausohje perustuu ohjeen mukaisilla parametreillä tehtyihin koekappaleisiin. Koekappaleet ovat testattu ja todettu riittävän kestäviksi. Hitsausohjeissa on myös QR-koodi. QR-koodi kertoo tarkan linkin käytettyyn hitsausohjeeseen ja sen versioon.

WeldEye Welding Coordinator High Quality Welding Co.

Project: Transfer pipeline 1.1 Line 1.1.1

Welds: 21

#WELD	Barcode	Length	Notes	WPS num	Welder	Passes
1		250 mm	Wiseroot+	WPS 135-FW-10 rev. 0	Torsten Lehrer	2
2		250 mm	Wiseroot+	WPS 135-FW-10 rev. 0	Torsten Lehrer	1
3		250 mm	Wiseroot+	WPS 135-FW-9 rev. 0	Torsten Lehrer	2
4		250 mm	Wiseroot+	WPS 17 Wiseroot rev. 1	Patrik Werfel	2
5		250 mm	Wiseroot+	WPS 135-FW-7 rev. 0 WPS 135-FW-4 rev. 0	Thomas Anttonen Ritchie Schmitt	3
6		650 mm	Wiseroot+	WPS 135-FW-4 rev. 0 WPS 135-FW-11 rev. 0	Ritchie Schmitt Patrik Werfel	1
7		250 mm	Wiseroot+	WPS 135-FW-11 rev. 0	Patrik Werfel	1
8		250 mm	Wiseroot+	WPS 135 Wiseroot+ rev. 2	Torsten Lehrer	2

Weld list: Line 1.1.1 > Weld list 1.1.2

1		200 mm				
2		200 mm				
3		250 mm				

CANCEL SAVE

Kuva 14. Lista hitsatuista saumoista (Kemppi Oy, 2019, s. 11)

WeldEyen sivutuotteena nähdään tietoja lisääaineiden kulutuksesta ja kuinka paljon hitsataan. Lisäksi nähdään статистиikkaa hitsaajien mahdollisesta lisäkoulutustarpeesta (eivät pysty hitsaamaan annettujen parametrien mukaan). Tarvittaessa nähdään jopa reaaliaikaisesti, mitkä hitsauskoneet ovat käytössä. WeldEye-järjestelmässä käytettäviä päätelaitteita pystytään päivittämään etänä pilven kautta. Uusimpien laitteiden kanssa toimivan WeldEyen avulla pystytään tunnistamaan myös mahdollisia vaaranpaikkoja hitsauksessa, jos hitsataan väärillä arvoilla verrattuna materiaaliin. Mahdollisiin vaaroihin liittyen pystytään myös reagoimaan ohjelmistopäivitysten avulla ja samalla luomaan uusia ominaisuuksia.

5.2 Haastatteluiden tulokset

Tässä aluvussa esitellään haastatteluiden tuloksia. Tulokset ovat jaettu aihealueiden mukaan kuuteen kategoriaan. Haastatelluista yrityksistä käytetään anonymisoituja nimiä Alfa, Beta, Gamma ja Delta.

5.2.1 Järjestelmien hyödyntäminen

Jäljitettävyyttä varten yhdelläkään tutkitulla yrityksellä ei ole käytössä omaa erillistä järjestelmää (Alfa, Beta, Gamma, Delta). Pääosin yritykset hyödynsivät toiminnassaan PDM-, PLM- ja toiminnanohjausjärjestelmiä.

Alfalla hyödynnetään liiketoiminnan tukena PDM- ja PLM-järjestelmiä. Talon PLM -järjestelmä eli konenumerorekisteri on kehitetty itse vastaamaan omia tarpeita. PLM-järjestelmään kerätään pintatason tietoa tuotteista, kokoonpanoista ja tilauksista. PLM-järjestelmään tallennetaan esim. asiakastilauksittain toimitetut koneet ja laitteet. PDM-järjestelmän osalta Alfalla on käytössä Aton. PDM-järjestelmään ollaan kuitenkin tekemässä muutoksia lähitulevaisuudessa. Nykyisillään PDM-järjestelmä pitää sisällään mm. tuoterakenteet ja sitä kautta hallitaan myös tuotteistamista. (Alfa)

Jäljitettävyyden tarpeen minimoimiseksi on tehty ennakoivaa työtä. Esimerkiksi kaikki piirilevyt testataan huolellisesti ennen asennusta. Tämän lisäksi koneet kulkevat lopputestauksen lävitse vielä ennen asiakkaalle lähtöä. Jos kuitenkin tulee tarve jäljittää tuotantoa/ tuotteita, selvitys tapahtuu PLM- ja PDM-järjestelmien avustuksella. (Alfa)

Uusimpien tuotteiden myötä on otettu käyttöön palvelu, johon asiakas voi syöttää oman laitteensa sarjanumeron. Sieltä asiakas näkee laitteen komponenttien sarjanumerot ja koko konfiguraation tiedot. Lisäksi tuotteiden koko elinkaaren jäljitettävyyttä on pyritty kehittämään palvelun avulla, jossa asiakas voi itse rekisteröidä koneensa verkossa. Kannustimena asiakas saa tuotteelleen pidennetyn takuun ja samalla tuotteen jäljitettävyyteen saadaan lisänäkymää. Ilman asiakkaan laiterekisteröintiä tuotteen jäljitettävyyks katkeaa jälleenmyyjän myydessä laite eteenpäin. Yrityksen toimiessa itse laitteen myyjänä ulottuu jäljitettävyyks automaattisesti pykälän pidemmälle. (Alfa)

Betalla on käytössä organisaation kattava PDM-järjestelmä. PDM:ssä säilytetään pääasiassa tuotteiden piirustuksia. PDM-järjestelmä on käytettävissä tietokoneilta ja mobiililaitteilta. Mobiiliyhteensopivuudella on pyritty helpottamaan asiakkaiden kanssa toimimista tuotantotilojen ulkopuolella. PIM-järjestelmää puolestaan hyödynnetään tuotetietojen kanssa. PIM-järjestelmästä löytyvät mm. komponenttien mitoitustiedot, joita organisaation ulkopuoliset suunnittelijat pystyvät hyödyntämään. Lisäksi liiketoiminnan tukena hyödynnetään V10 toiminnanohjausjärjestelmää. (Beta)

Toiminnanohjausjärjestelmän avustuksella saadaan tarvittaessa kaikki tarvittavat tiedot tuotteen jäljittämiseksi. Piirilevyjen osalta elektroniikkatoimittajalla on omassa tuotannonohjausjärjestelmässä jäljitettävyyssominaisuus integroituna. Siten he näkevät piirilevyn sarjanumerolla suoraan tietoja valmistusajankohdasta, operaattorista, uunin

parametreistä, kelan vaihdoista, kela alkuperästä ja saapumisajankohdista jne. Lopuksi konenäkö tarkistaa kaikki piirilevyt virheiden varalta. (Beta)

Gamman toiminnassa on käytössä SAP ja Vertex Flow. Vertex Flow:ssa on PDM- ja PLM-järjestelmien ominaisuudet ja se on yhdensuuntaisesti yhdistetty SAP:iin. Gatewayn avulla järjestelmien mobiilikäyttö on tehty mahdolliseksi. Lisäksi suunnitteluohjelmat ovat rajapintojen kautta yhteydessä PDM-/ PLM-järjestelmään. Vertex Flow:ssa säilytetään tuotteiden ”master data”, kuten nimikkeiden kuvaukset, painot ja piirustukset. SAP puolestaan pitää sisällään operatiivisen puolen tietoja, kuten varastot, hyllypaikat, hinnat, toimittajat, asiakkaat, yms. (Gamma)

Deltan liiketoiminnassa hyödynnetään mm. SAP:a, Teamcenteriä ja Alfrescoa. Teamcenter on PLM-ohjelma ja Alfresco dokumenttienhallintaohjelma. Teamcenteriä hyödynnetään teknisen dokumentaation ja tuotedokumentaation kanssa. Alfrescoa puolestaan löytyy ohjeita liittyen prosesseihin ja tuotteisiin, kuten tarkastusohjeita, työohjeita ja muita toimintaohjeita. (Delta)

Tuotteiden jäljitys tapahtuu tarvittaessa toiminnanohjausjärjestelmän kautta. Jäljittäminen tapahtuu SAP:n standarditoiminnallisuuksia hyödyntäen. Siten yksittäisten komponenttien ja laajempien kokoonpanojen sarjanumerotieto tuodaan eriteltynä SAP:iin. Valmiista tuotteesta syntyy SAP:n ”installed base” rakenne, joka perustuu sarjanumerotietoon. Järjestelmä tukee myös tuotteen elinkaarellisia toimintoja. Tarvittaessa kokoonpanojen komponentteja pystytään myöhemmin korvaamaan toisilla komponenteilla ja vaihdetun osan sarjanumero päivitetään ajantasaiseksi. (Delta)

5.2.2 Hyödynnettävät merkintäteknologiat

Haastatelluissa yrityksissä ei ollut keskitetty merkintätapaa vain yhden teknologian taakse. Yrityksissä hyödynnettiin monipuolisesti eri merkintäteknologioita, kuten viivakoodeja, laseria, tarroja, pistemerkintää, kaiverrusta ja RFID.

Alfan tuotteiden kohdalla yksilöinti on toteutettu tyyppikilpien avulla. Tyyppikilpiä on käytössä metallisia, muovisia ja tarroin toteutettuja. Metallisten tyyppikilpien valmistamiseen on hyödynnetty laserteknologiaa. Tyyppikilpi pitää sisällään myös viiva- ja QR-koodin. Viivakoodista selviää tuotteen sarjanumero. Tuotteiden sarjanumeroita on toteutettu usealla teknologialla merkintäpaikasta ja tuotteesta riippuen. Useimmissa tapauksissa se on toteutettu kuitenkin tarran avulla. Tyyppikilvistä ilmenee myös muita mallimerkintöjä, CE-hyväksynät ja joitain lain vaatimia teknisiä tietoja. Lisäksi varastonhallinnan tukena hyödynnetään RFID-teknologiaa. (Alfa)

Betalle piirilevyt saapuvat tavarantoimittajalta tuotenumeroituissa laatikoissa, minkä lisäksi jokaisessa piirilevyssä on oma sarjanumerotarra. Tarran sarjanumero koostuu vuodesta, viikosta ja juoksevista numerosta. Sarjanumeron avulla tavarantoimittaja pääsee oman järjestelmänsä kautta käsiksi tuotteen tarkempiin tietoihin komponenttitasolla. Piirilevyille ladottavat komponentit toimitetaan viivakoodatuilla keloilla. Viivakoodi luetaan kelasta ladontakoneeseen aina kelan vaihdon yhteydessä, siten tiedetään aina, mistä kelasta on millekin sarjanumerolle komponentit otettu. Valmiin tuotteen pakkaus pitää sisällään myös viivakoodin. Pakkauksen viivakoodi on kuitenkin vain tuotetietoa varten, eikä se siten yksilöi tuotetta. Lisäksi omavalmisteisiin metallisiin runkoihin merkitään sarjanumerot pistemerkintää käyttäen. (Beta)

Tuotteet kirjataan vastaanotetuiksi niiden omilla sarjanumeroilla, ja vastaavasti kyseisellä sarjanumerolla käytetyiksi. Gamma hyödyntää toiminnassaan myös useita merkintätapoja. Omavalmisteisiin tehdään merkintöjä stanssaten, tarroilla, pistemerkinnällä ja kaivertamalla. Kaikkiin jäljitysvaateita omaaviin rakenteisiin tehdään merkinnät pistemerkintälaitteilla. Tämän lisäksi rungossa on kaivertamalla tehtyt tyypikilvet molemmiin puoliin. Materiaaleihin merkitään myös tuotantotilausnumero stanssaten. Tuotantotilausnumerolla päästään käsiksi materiaalia koskeviin ainetodistuksiin. Johdinsarjojen osalta puolestaan käytetään eränumeron kertovia tarroja. Eränumero on yhtä kuin tuotantotilaus. Alihankintaosien kohdalla hyödynnetään niiden valmiita merkintöjä. (Gamma)

Deltalla tuotteiden merkitsemiseen hyödynnetään tarroin toteutettuja viivakoodeja. Tarrasta selviää yleensä yleinen tuotetieto, lisäksi se kertoo myös tuotteen eräkohtaisen tai yksilöivän sarjanumeron riippuen tuotteesta. Toimittajilta voidaan ottaa tavaraa vastaan myös heidän omilla sarjanumeroillaan, vaikka kahdelta toimittajalta tulisi tuote samalla sarjanumerolla. Identtisistä sarjanumeroista huolimatta SAP osaa tulkita tuotteet yksilöidysti. (Delta)

5.2.3 Jäljitettävät tiedot

Haastatellut yritykset toimivat eri aloilla ja siten keräävät tuotteista hyvin erilaista tietoa. Tietyt periaatteet valmistusprosesseista kuitenkin pätevät kaikissa. Kerättävän tiedon määrään yrityksissä vaikuttaa esim. jalostusprosessien määrä.

Alfan tuotteiden osalta valmistusprosessi on tyypillinen elektroniikkatuotannolle, koska koneista suurin osa koostuu tehoelektroniikasta ja piirikorteista. Kortit tehdään itse juotos- ja ladontakoneiden avulla. Piirikorttien valmistaminen tapahtuu sarjoissa. Piirilevyille ladotaan ja juotetaan automaattisesti komponentit tietyllä valmiiksi ohjelmoidulla ohjelmalla. Komponentit ovat sarjatuotantoa ja niitä ei yksilöidä tuotantovaiheessa. Isommat merkittävämmät komponentit saavat oman sarjanumeron tuotannon loppuvaiheessa. Tietyissä isommissa korteissa on myös omat sarjanumeronsa. (Alfa)

Valmistussarjoista dokumentoidaan mm. valmistumisajankohta ja testaustiedot. Automaattisten ladonta- ja juotoskoneiden valmiiksi luotujen ohjelmien ansiosta juotosaineet ja juotoslämpötilat ovat myös tiedossa. Tuotteiden kasausvaiheista ei dokumentoida laitekohtaisesti esim. kiristysmomenteja, mutta ne löytyvät kasausohjeissa. Työvaiheissa käytettävät työkalut ovat myös valittu ohjeissa asetettuja vaatimuksia silmällä pitäen. (Alfa)

Valmis tuote voi olla yksi yksittäinen laite, jolloin sillä on yksi sarjanumero (pienemmät laitteet). Isommissa tuotteissa on useampi omalla sarjanumerolla oleva komponentti esim. virtalähde ja vesijäähdytysjärjestelmä. Tilausnumero linkittää myös yksittäiset komponentit tehdyn tilauksen taakse. Tämän jälkeen kortit testataan, asennetaan, ja lopuksi vielä valmis kone testataan kokonaisuudessaan. Asennusvaiheessa yksi kone ja sarjanumero linkitetään toisiinsa. Lopputestauksen yhteydessä koneen tiedot kopioidaan sähköiseen järjestelmään. (Alfa)

Betan elektroniikkatoimittajalta löytyy omasta toiminnanohjausjärjestelmästäan tietoja piirikorttien sarjanumerolla, kuten valmistusajankohta, operaattori, millä parametreillä pintaliitos uunissa, ladontarobotin tiedot, kelan vaihdot, kelan alkuperä jne. Piirilevyn tullessa linjastolle kaikki siihen liittyvät komponentit ovat valmiiksi skannattuina järjestelmään. Piirilevyt otetaan linjalle 100 piirilevyn paketeissa. Piirilevyt testataan jo tehtaalla, joten lähes 100,0 % niistä on moitteettomia. Piirilevyille ladotaan kaikki komponentit, ja jokainen vaihe dokumentoidaan automaattisesti. Linjastossa levyt kulkevat seuraavaksi pastaukseen, josta levyt ohjautuvat uuniin tinan kovettumiseksi. Kaikista valmistusprosessin vaiheista ohjautuu automaattisesti tiedot

tuotannonohjausjärjestelmään. Beta näkee omista järjestelmistään vain ajankohdan, milloin tavara on saapunut ja montako on saapunut. (Beta)

Aikaisemmin valmistajan seurannan lisäksi oli omaseuranta. Omaseuranta oli toteutettu tarralla, joka koostui vuodesta, kuukaudesta ja juoksevasta numerosta. Lisäksi kirjattiin vielä ylös, kenelle asiakkaalle ja koska tavarat ovat lähetetty. Oma seurannasta on kuitenkin luovuttu piirikorttien todella pienistä vikamääristä johtuen. (Beta)

Materiaalitodistukset eivät liity piirikortteihin, mutta materiaalin toimittajalla pitäisi olla kaikki vaadittavat tiedot (Alfa, Beta). Omavalmisteisten metallituotteiden kohdalla direktiivi vaatii materiaalitodistukset. Niiden osalta todistukset ovat tallennettu omille servereille. (Beta) Myös Gamman toiminnassa omavalmisteosien osalta materiaalitodistukset ovat tallennettu skannattuina verkkokovalevyille (Gamma). Deltalla materiaalitodistusten kanssa on enemmän vaihtelua. Joidenkin tuotteiden/ yksiköiden kohdalla alihankkijoilta tulleet todistukset skannataan ja linkitetään siihen liittyvään tuotteeseen. Joissain yksiköissä materiaalitodistukset säilytetään vielä perinteisesti kansioissa. Osassa erähallituista materiaaleista luodaan vastaanottoerä vastaanottotapahtuman yhteydessä. Kriittisempien osien kohdalla todistukset viedään omaan ERP-järjestelmään. Joidenkin tuotteiden kohdalla asiakkaille luodaan myös itse omia todistuksia ja sertifikaatteja. (Delta)

Gamman toiminnassa tietojen kerääminen hieman vaihtelee, sillä osa tuotteista on eräseurattavia ja osa sarjanumroseurattavia. Lisäksi joitain tuotteita valmistetaan vain tilausta vastaan yksi kerrallaan, jolloin tiedetään myyntitilauksesta asiakas, tuotantotilaus, valmistusajankohta. Sitä kautta nähdään, mitä komponentteja siihen on kulutettu. Pääosin tuotteet valmistetaan varasto-ohjautuvasti tiettyyn pisteeseen asti, josta eteenpäin tuotanto muuttuu tilausohjautuvaksi. Pääosalle tuotteista muodostuu tuotannon aikana konekortti, josta selviää koneen myyntivarauksen mukainen rakenne. Asentajat kirjaavat järjestelmään käyttämänsä komponentit mobiilikäyttöliittymän avulla. Erä- ja sarjanumero seuratut komponentit ovat asetettu SAP:ssa pakotetusti keräiltäviksi. Kun kone on valmis, ja kaikki käytetyt komponentit ovat kirjattu ylös järjestelmään, nähdään tietyn koneen tietojen alta koneessa käytetyt osat. Vastaavasti pystytään hakemaan tietoa toisinpäin komponentin sarjanumerolla, myös asiakkaan nimellä voidaan hakea koneita ja komponentteja. (Gamma)

Gamman valmistusprosessissa ensimmäinen vaihe, josta tietoja kirjataan, on pintakäsittely. Pintakäsittelyvaiheesta dokumentoidaan kalvon paksuus. Kalvon paksuus kirjataan järjestelmissä niin, että tiedetään yksilöidysti kunkin koneen kalvon paksuudet. Kokoonpanovaiheesta jää tieto, kuka on tehnyt mitäkin ja milloin. Kiristysmomentit jäävät

myös ylös järjestelmään. Valmistusprosessin vaiheiden läpi koneiden mukana kulkee tarkistuslistat, joihin kaikki tehdyt toimenpiteet merkitään tehdyksi. Lisäksi koneista dokumentoidaan esim. toimintojen testaus, venttiilien parametrit, öljyjen puhtaus, sähkömittaukset, runkonumerotarkastukset ja erillinen lopputarkastus. Valmistusprosessin aikana löydetty mahdolliset virheet kirjataan myöskin ylös koneen tietoihin. Koneen mukana kulkeva tarkistuslista skannataan valmistusprosessin lopuksi sähköiseen muotoon konekortille. (Gamma)

Valmistusprosessien vaiheista kerätään esim. tietoa työn suorittaneista henkilöistä, joilla päästään käsiksi esim. hitsarin pätevyyskiin. Tarvittaessa jälkikäteen nähdään, että onko työn suorittaneen hitsarin pätevyudet olleet vaaditulla tasolla. Koneistetut komponentit saavat myös erä- tai tuotekohtaisen numeron. Laitteita testatessa hyödynnetään SAP-yhteensopivia laitteita. SAP-yhteensopivuudella mahdollistetaan tehtyjen testien kirjautuminen suoraan oikealla komponentille/ sarjanumerolle. (Delta)

Materiaaleista ja komponenteista kerättävä tieto vaihtelee materiaali- ja komponenttikohtaisesti. Pääsääntöisesti sarjanumeroon jää tieto kaikista transaktioista, mitä on tehty, kuka on tehnyt, millä tilauksella, milloin tullut, milloin lähtenyt, linkitykset myynti- ja tuotantotilauksiin, tarkastusten tulokset, laatuvirheet ja tilausmuutokset. Koeajoista jää merkinnät esim. mitatuista virta-arvoista ja moottorien testiraporteista. Lisäksi joidenkin liitosten puristusvoimat raportoidaan. Valmistusprosessista on kuitenkin huomioitava, että lähes kaikki osat tulevat alihankintana. Oma valmistusprosessi on pääasiassa kokoonpanoa. (Delta)

Tuotteista kirjataan ylös tietoja myös valmistusprosessien jälkeen. Valmistusprosessien jälkeen tuotteelle kirjataan tietoja sen toimituksesta asiakkaalle, palautuksista ja takuuasioista. Takuuseen liittyviä kirjauksia voi olla esim. vialliset komponentit ja korvaavat komponentit. Kun tuotteen kokoonpanoon tehdään muutoksia, kokoonpano päivitetään järjestelmään ajantasaisilla komponenteilla. Jos jokin komponentti on poistunut vikaantuneena asiakkaan laitteesta, niin tiedetään, että sen ei pitäisi olla enää käytössä. (Delta)

5.2.4 Jäljitys käytännössä

Yrityksillä on erilaisia toimintatapoja tuotteiden jäljittämiseen. Jäljittämiseen vaikuttaa mm. kerättävän tiedon määrä ja laatu. Kerättyjen tietojen tallennusmuodolla on myös suuri vaikutus jäljitystapahtuman nopeuteen. Tarvittavien tietojen ollessa sopivissa järjestelmissä tuotteiden jäljitys voidaan suorittaa nopeasti minuuteissa, kun vastaavasti tietojen ollessa vain paperilla voi siihen mennä jopa kuukausia.

Alfalla jäljitykseen hyödynnetään PLM- ja PDM-järjestelmiä. Järjestelmistä haetaan tietoa, missä kokoonpanossa komponenttia on käytetty. Sitä kautta voidaan selvittää, mihin se on mennyt. Esim. virtalähteiden sarjanumero tiedetään, ja sen perusteella ajankohta milloin niitä on valmistettu. Ajanjaksoa haarukoimalla voidaan selvittää, missä laitteissa voisi olla viallisia. Toisena esimerkkinä piirikortille on mennyt väärä komponentti. Järjestelmien avulla tiedetään, mihin kaikkiin tuotteisiin tiettyjä kortteja on mennyt. Jos komponentti on muuttunut esim. eri valmistajan vastaavaksi, niistä tehdään muutosilmoitus. Sitä kautta tiedetään, mitkä tuotteet ovat tehty alkuperäisillä komponenteilla, mitkä alkuperäistä vastaavilla ja mitkä viallisilla. Samalla periaatteella tiedetään ohjelmistoversio. Viallisten laitteiden löytämiseksi voidaan tarvittaessa konsultoida myös jälleenmyyjiä. (Alfa)

Betalla omavalmisteisten metallikomponenttien kohdalla jäljitys tapahtuu toiminnanohjausjärjestelmän kautta. Piirilevyjen jäljitys puolestaan tapahtuu elektroniikkatoimittajan omilla järjestelmillä. Elektroniikkatoimittaja pystyy oman toiminnanohjausjärjestelmänsä avulla selvittämään piirikortikohtaisesti sarjanumeron perusteella kortin yksityiskohtaisen valmistushistorian. Jos piirilevylle olisi ladottu esim. väärä komponentteja, järjestelmän tietojen avulla nähtäisiin kelan vaihto aika ja sitä kautta, mihin kyseiset piirilevyt ovat toimitettu. Näillä tiedoilla valmistaja pystyisi ilmoittamaan jokaisen viallisen kortin sarjanumeron. Betan omissa järjestelmissä ei ole kuitenkaan ylhäällä korttien sarjanumeroita. Siten tarvittaessa takaisinkutsun toteuttamiseksi hyödynnetään ajanjaksoperusteista arviointia. Ajanjakson arvioinnilla päästään noin 20 kappaleen tarkkuudella viallisiin tuotteisiin käsiksi. Jos tuotteet on toimitettu tukkurille, tiedetään, millä tilausnumerolla tuote on toimitettu ja koska. Lisäksi laitteista nähdään suoraan niiden sisältämä ohjelmistoversio. Takaisinkutsun mainostaminen voisi tulla kyseeseen ainoastaan viallisen muuntajan kohdalla ja silloin sen pitäisi aiheuttaa hengenvaaran. (Beta)

Gammalla tuotteen jäljittäminen voi vaihdella tuoteryhmäkohtaisesti. Komponentit ovat jaettu sarjanumeroseurattaviin, eräseurattaviin ja muihin materiaaleihin. Sarjanumeroidut komponentit tiedetään yksilöidysti, missä koneessa ne ovat. Eräseurattavat komponentit tiedetään valmistuserän tarkkuudella, ja loppujen materiaalien osalta jäljitys suoritetaan ajanjaksoa arvioimalla. Ajanjaksonarvioinnissa käydään läpi tietyllä aikavälillä käytettyjä osia ja valmistuksessa olleita koneita. Ajanjaksonarvioinnilla toteutetulla viallisten etsinnällä ei päästä koskaan yksilöivään lopputulokseen. Siten takaisinkutsun toteuttamiseen joudutaan aina hyödyntämään varmuusmarginaalia. Mahdollisen vian vakavuus vaikuttaa myös takaisinkutsuun ja takaisinkutsuttavaan määrään. Turvallisuutta uhkaavien vikojen kohdalla vioista voidaan

ilmoittaa myös huoltoverkoston tai jälleenmyyjien kautta. Tavallisesti viat pyritään kuitenkin korjaamaan normaalien huoltojen yhteydessä. Muutamien päivien haarukoinnilla on mahdollista selvittää vialliset laitteet. Asiakkaille asti ehtineet laitteet voivat viedä hieman enemmän aikaa. Jälkimarkkinointi voi hyödyntää selvityksessä myös huoltoverkoston apua. (Gamma)

Deltan tuotteen luonteesta johtuen varsinaisia takaisinkutsuja ei tehdä. Kun tuote on asiakkaalla, puhutaan FQI:stä (Field Quality Inspection) takaisinkutsun sijaan. Tällöin tuote korjataan paikan päällä, missä varsinainen lopputuote sijaitsee. Laitteiden käyttöikä voi olla useita kymmeniä vuosia, eikä vanhojen laitteiden tietoja ole siirretty järjestelmiin. Vanhojen laitteiden osalta jäljitys tapahtuisi ajanjaksoa arvioimalla. Uudempien tuotteiden kohdalla tarvittava jäljitettävyystieto löydetään SAP-raportin avulla, eikä ajanjaksoperusteiselle arvioinnille ole tarvetta. Tuotteiden sijainti on melko tarkasti tiedossa, joten laajemmalle takaisinkutsun mainostamiselle ei ole tarvetta. (Delta)

Viallisten tuotteiden jäljitys toimitusketjussa onnistuu niiltä osin, kun on kyse tuotteesta, joka on valmistettu jäljitettävyyden tavoitetilaa vastaavissa yksiköissä. Vanhempien tuotteiden kohdalla viallisten tuotteiden paikantamiseen voi kulua jopa kuukausia. Uudempien nykyjärjestelmästä löytyvien tuotteiden kohdalla selvittäminen tapahtuu päivän sisällä. Jos esim. vanhemman tuotteen kohdalla on alihankkijalta tullessa erässä vikaa, itseltä ei välttämättä löydy tietoa erän saapumisajankohdasta. Tällöin selvittämisessä konsultoidaan alihankkijoita. Ohjelmistoversioiden jäljittämiseen on omat toimenpiteensä. Siinä voidaan hyödyntää esim. laitteiden yksilöiviä modeemien sarjanumeroita ja IMEI-koodeja. (Delta)

5.2.5 Vikaantumisen ennakoitavuus

Haastatelluissa yrityksissä vikaantumisen ennakoitavuus vaihtelee tuotekohtaisesti. Vikaantumisen ennakoitavuuden edellytyksenä on mm. tuotteen etäseuranta. Ennakoimalla tuotteiden vikaantumista yritysten on mahdollista tarjota ennakoivasti huoltopalveluita.

Tuotteiden päivittäminen on konemallista riippuva tapahtuma. Vanhemmissa laitteissa päivitys tapahtuu oman ohjelmointilaitteen avulla. Ohjelmointilaitteeseen ladataan tietokoneelta USB-väylää pitkin uusi ohjelmisto ja sitä kautta päivitetään tuotteeseen. Uudemmissa laitteissa päivitys tapahtuu puhelimen välityksellä WiFin tai Bluetoothin avustuksella. (Alfa)

Ongelmien ilmenemiselle ei ole tiettyä kaavaa. Useimmiten ongelma tulee ilmi joko asiakkaan tai asentajan kautta. Ohjelmistopäivitykset eivät vielä nykyisissä laitteissa onnistu etänä pilven kautta. Tuotteiden päivitys tapahtuu manuaalisesti johdon ja tietokoneen avulla. (Beta, Gamma)

Vikakorjauksien ennakoitavuus on tuotekohtaista. Järjestelmistä nähdään, millä syklillä tuotteissa ilmaantuu vikoja. Tämän perusteella pystytään ennakoivasti tarjoamaan huoltoja laitteille, ettei ne ehtisi vikaantua käytössä. Tuotteissa on myös kasvavissa määrin modeemit, jotka mahdollistavat niiden etäseurannan. Tällöin tuotteen toiminnasta saadaan koko ajan tietoa, ja nähdään heti, jos jokin ei toimi enää normaalisti tai niin tehokkaasti kuin on suunniteltu. Lisäksi modeemi mahdollistaa hälytykset vikatilanteista. Joihinkin laitteisiin päästään jo nykyään etänä kiinni, jolloin ohjelmistoon liittyvää vikaa voidaan korjata etänä. Uudemmissa laitteista voi löytyä myös ohjelmistobugien automaattista tunnistusta vikakorjausten helpottamiseksi. Asiakkaille toimitettujen lähetysten sisältö on tarkasti tiedossa, joka mahdollistaa viallisen erän löydyttyä muiden saman erän tuotteiden löytämisen. (Delta)

5.2.6 Näkemykset kehittämistarpeista omassa toiminnassa

Yritysten jäljitettävyyden kehittämistarpeissa havaittiin toimialan mukaan vaihtelua. Elektroniikkateollisuuden yritykset kokivat jäljitettävyyden olevan riittävällä tasolla, kun vastaavasti metalliteollisuuden yritykset kokivat suurempaa tarvetta jäljitettävyyden kehittämiseen.

Alfalla omalla testauksella on jäljitettävyyden tarve tehty niin pieneksi, ettei nähdä tarvetta kehittää jäljitettävyyteen liittyviä käytäntöjä (Alfa). Samaten Betalla ei nähdä tarvetta jäljitettävyyden kehittämiseen piirikorttien kohdalla. Jäljitettävyyden tarkkuutta on jopa laskettu takaisin epätarkemmalle tasolle. Mahdollisten uusien tuotteiden kohdalla pilviominaisuuden lisäämisestä on kuitenkin ollut keskusteluja. Omavalmisteisten metallikomponenttien kohdalla RFID-tekniikan lisääminen tuotantoon on ollut suunnitteilla. (Beta)

Gammalla komponentteja vastaanottaessa sarjanumerot kirjataan manuaalisesti ylös järjestelmään, vaikka niissä on viivakoodit valmiina. Viivakoodit eivät kuitenkaan ole vielä käytössä. Valmistusprosessin eri vaiheista löytyisi myös kehitettävää, koska tällä hetkellä tarkempi seuranta alkaa vasta pintakäsittelystä. Esim. rungon osalta olisi hyvä tietää alusta alkaen, mihin koneeseen se on menossa. Hitsauksen parametrien tallentamisesta on myös käyty paljon keskusteluja. Tällä hetkellä hitsauksen parametreista ei kuitenkaan jää tietoja järjestelmään. Tarkistuslista olisi myös hyvä

saada sähköiseen muotoon SAP:iin, jolloin se päivittyisi automaattisesti ostotilauksen mukaiseksi. Ostotilauksen mukainen tarkistuslista poistaisi mahdolliset turhat tarkistuskohdat joiltain tuotteilta. (Gamma)

Deltalla jäljitettävyydelle on määritelty tavoitetaso sen mukaan, minkälaista vaaraa komponentin on mahdollista aiheuttaa. Jos materiaalin, komponentin tai kokoonpanon kohdalla on riittävän suuri sarjavirheen mahdollisuus, ja se uhkasi asiakkaan turvallisuutta tai liiketoimintaa, pitää jäljitettävyyden olla kunnossa. Tällöin jäljitettävyyden tulee olla sillä tasolla, että järjestelmästä nähdään suoraan, jos jossakin laitteessa vikaantumisia alkaa kertyä. Tällaisen tuotteen kohdalla järjestelmästä tulee nähdä koko tuotantoprosessin historia eli päästä käsiksi tietoihin toimittajasta, toimituserästä, valmistuserästä, mihin on kuljetettu ja missä varastoissa sitä on. Kriittisten komponenttien jäljitettävyyden tavoitetaso pyritään siirtämään käyttöön tuotekohtaisesti koko liiketoiminnan alueelle. Samalla järjestelmän tuottama tieto toiminnasta ja tuotantoprosesseista tulee mahdollistamaan huollon tarpeen tarkemman ennakkoinnin. Koko liiketoiminnan kattavan SAP:in päivitys on myös vielä meneillään. (Delta)

Jatkossa tuotteiden merkitsemiseen/ tunnistamiseen pyritään hyödyntämään kasvavissa määrin RFID-teknologiaa. Tuotantoa pyritään jatkossa kehittämään automatisoidumpaan suuntaan RFID avulla. Jatkossa tehtaalte saapuvat seurattavia komponentteja sisältävät lähetykset ovat valmiiksi tarroitettu RFID-tunnisteilla. Valmiiksi tunnisteet sisältävät komponentit tuodaan varastoon porttien läpi, joka lukee tunnisteet automaattisesti ja kirjaa tuotteet varastojärjestelmään. Varastojärjestelmä seuraa varastopaikoittain, millä paikalla mitkäkin sarjanumeroidut RFID:t ovat. Vastaavasti, kun kasattu tuote ohjataan porttien läpi, kirjautuu järjestelmään automaattisesti kokoonpanon sarjanumero ja sen sisältämät komponentit sarjanumeroineen. (Delta)

5.2.7 Yhteenveto

Haastatelluissa yrityksissä hyödynnetään laajasti PDM- ja PLM-järjestelmiä. Järjestelmissä oli myös huomioitu mobiiliyhteensopivuutta. Jäljitettävyyttä varten yrityksillä ei kuitenkaan ollut käytössä omia erillisiä järjestelmiä. Jäljitysprosessi suoritetaan tarvittaessa käytössä olevien järjestelmien avustuksella ja joissain tapauksessa ajanjaksoa arvioimalla.

Tuotteiden merkitsemiseen on hyödynnetty monipuolisesti useita eri merkitätapoja. Käytössä olleita tekniikoita ovat viivakoodit, QR-koodit, tarrat, tyyppikilvet, laser, RFID, pistemerkintä, stanssaus ja kaiverrus. Viivakoodeja on hyödynnetty laajasti ja useimmin

tarrojen avulla toteutettuna. Laserin avulla toteutettuja viivakoodeja on otettu myös käyttöön.

Yritysten välisessä tiedon keräämisessä oli paljon yhteisiä piirteitä, mutta myös eroavaisuuksia. Yksittäisen yrityksen sisäisessä toiminnassa saattoi olla myös eroavaisuuksia toimipiste- tai tuotekohtaisesti. Tuotantoprosesseista kerättiin tietoja mm. kaikista tehdyistä transaktioista, kellonajoista, operaattoreista, parametreista, kelan vaihdoista, maalipinnan paksuuksista ja erinäisistä tarkastuksista. Kerättyjä tietoja kohdennettiin tuote-, komponentti- tai eräkohtaisesti. Materiaalitodistuksia oli säilytyksessä yrityksillä itsellään, mutta myös alihankkijoilla. Materiaalitodistuksien säilyttämiseen hyödynnettiin perinteisiä kansioita ja sähköisiä kovalevy- tai serveriratkaisuja.

Yrityksillä oli tuotteiden jäljittämiseksi erilaisia käytäntöjä. Yritysten jäljittämiskäytäntöihin vaikuttivat mm. komponenttien seurantatarkkuus. Komponentteja seurattiin mm. sarjanumeroperusteisesti ja valmistuseräperusteisesti. Sarjanumeroseurattavan ja eräseurattavan tuotteen tai komponentin jäljittämiseksi järjestelmään kirjataan tuotteen sarja- tai eränumero, jolla nähdään tuotteeseen linkitetyt tiedot. Osalle komponenteista käytössä oli myös ajanjaksoperusteinen arviointi. Ajanjaksoperusteisessa arviossa käydään läpi tietyllä aikavälillä saapuneita ja käytettyjä osia sekä valmistuksessa olleita koneita.

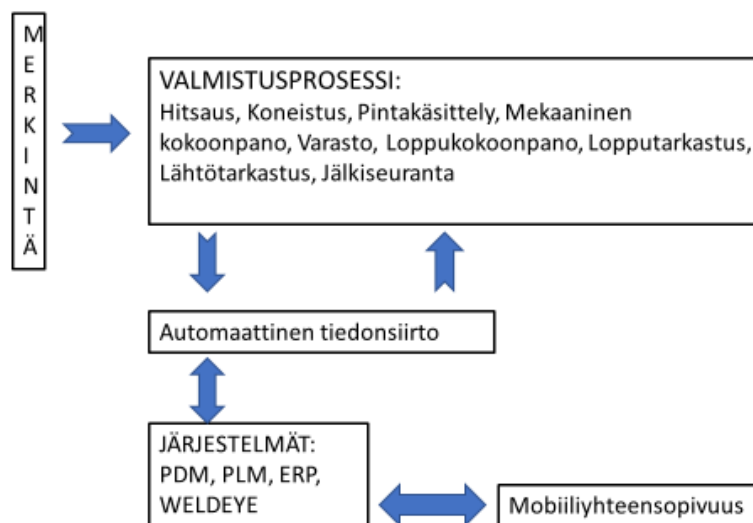
Elektroniikkapainotteisessa tuotannossa jäljitettävyyys ja testausprosessit olivat jo niin pitkällä, että jäljitettävyyden kehittämiseksi ei niiltä osin nähty tarvetta. Metalliteollisuuteen painottuvassa teollisuudessa koettiin parantamisen varaa valmistusprosessien jäljitettävyydessä. Uusia teknologioita oli myös otettu käyttöön tai harkittu varsinkin RFID:n käyttöönottamista.

6. JÄLJITETTÄVYYDEN KEHITTÄMINEN

Tässä luvussa esitetään ratkaisua työn kolmanteen tutkimuskysymykseen: Millainen on ideaali toimintamalli jäljitettävyyden toteuttamiseksi? Ideaalimallin muodostamiseksi hyödynnetään teoriaosuudessa opittuja asioita ja haastateltujen yritysten toimintatapoja. Lisäksi käydään läpi kohdeyrityksen jäljitettävyyden käytäntöjä, jotka ovat riittävällä tasolla teoriaan ja vertailuanalyysiin verrattuna.

6.1 Ideaalimallin kuvaus

Jäljitettävyyden määritelmä jo itsessään määrittelee jäljitettävyyden kattamaan tuotteen valmistushistorian ja etenkin lisäarvoa tuottavat toimenpiteet. Hyvän jäljitettävyyden tason saavuttamiseksi koko valmistusprosessissa tuotteen ja sen komponenttien osalta tulee pystyä vastaamaan kysymyksiin miksi, missä, milloin, kuka ja mitä. Kuvassa 15 on esitetty jäljitettävyyden ideaalimalli yksinkertaistetussa muodossa.



Kuva 15. Yksinkertaistettu jäljitettävyyden ideaalimalli

Jäljitettävyyden saavuttamiseksi ei tarvita omaa erillistä järjestelmää. Jäljitettävyyttä varten kuitenkin tarvitaan tietoa tehdyistä toimenpiteistä. PLM- ja PDM-järjestelmien avulla pyritään hallitsemaan tuotteisiin liittyvää tietoa. PDM-järjestelmään tulee kirjata tietoa esim. tuoterakenteista, tuotteiden piirustuksista ja fyysisistä tiedoista. PLM-järjestelmään puolestaan kirjataan esim. tilauksittain toimitetut tuotteet ja pintatason tietoa kokoonpanoista. PLM-järjestelmään kirjataan myös tuotteen elinkaaren aikaisia tietoja, kuten tuotteen komponenttien korvaamisia komponentin vikaantuessa.

Toiminnanohjausjärjestelmä on enemmän operatiivista tietoa sisältävä järjestelmä ja sinne kirjataan tietoja varastoista, hyllypaikoista, hinnoista, toimittajista, asiakkaista jne. Jäljitettävyyden toteutumiseksi järjestelmien täytyy tunnistaa tuotteet erillisiksi tuotteiksi, vaikka usealta toimittajalta tulee tuote identtisillä sarjanumeroilla. Siten jäljitystä varten hyödynnetään mm. PDM-, PLM- ja toiminnanohjausjärjestelmiä. Sopivan järjestelmän löytäminen on tärkeää liiketoiminnalle, ja kehittämällä sen itse voidaan varmistaa sen soveltuvuus. Nykyaikaisessa järjestelmässä tulee kehityksen alusta asti ottaa huomioon mobiiliyhteensopivuus. Mobiiliyhteensopivuuden avulla asentajat pystyvät kirjaamaan tapahtumia suoraan järjestelmään. Tällainen mobiilijärjestelmä helpottaa myös asiakkaiden kanssa toimimista tehtaan ulkopuolella, kun on tarvittava pääsy järjestelmään sijainnista riippumatta. Lisäksi lisänäkyvyyttä jäljitettävyyteen voidaan tavoitella palvelun avulla, jossa asiakas voi rekisteröidä tuotteensa ostotapahtuman jälkeen.

Hitsauksen osalta jäljitettävyyden toteuttamiseksi tulee hyödyntää WeldEye-järjestelmää. WeldEye-järjestelmä on kehitetty nimenomaan hitsauksen tueksi. WeldEyen avulla valvotaan hitsaustuotantoa. Järjestelmään kytketään käytettävät hitsauskoneet, ja siten tarvittaessa jokaiselle saumalle saadaan yksityiskohtainen jäljitettävyys. Saumojen osalta on nähtävissä tietoja hitsauksen aikaisista parametreista. Järjestelmä toimii hitsauksen osalta myös laadunvalvonnan tukena ja hälyttää hitsauksen aikana vääristä arvoista.

Ideaalilanteessa tuotteiden merkitsemiseen/ tunnistamiseen tulee hyödyntää RFID-teknologiaa. RFID:n avulla valmistusprosessia voidaan kehittää automatisoidumpaan suuntaan esim. tavarantoiminnan vastanoton osalta. RFID:tä käytettäessä saapuvien komponenttien tulee olla valmiiksi merkittyinä RFID-tunnisteilla, jotta RFID:stä saadaan maksimaalinen hyöty. Valmiiksi tunnistetut sisältävät komponentit ohjataan varastoon RFID-tunnisteet tunnistavien porttien lävitse. Portit tunnistavat komponentit automaattisesti ja kirjaavat varastojärjestelmään. Kun valmis tuote ohjataan ulos valmistuslinjalta, järjestelmään kirjautuvat automaattisesti kokoonpanon yksityiskohtaiset tiedot. Siten samalla pystytään vähentämään manuaalisen kirjaamisen tarvetta. Pistemerkinnän käyttäminen on myös suotavaa pysyviksi suunniteltujen merkintöjen tekemiseen. Merkintöjen osalta on kuitenkin tärkeää, että kaikki komponentit ovat merkittyinä. Päätettäessä merkinnän yksilöivyyden tasoa tulee huomioida komponentin kriittisyys ja sen mukaan valita erä- tai yksilökohtainen merkintä.

Ideaalilanteessa valmistusprosessien toimenpiteistä kirjautuu automaattisesti tiedot esim. kiristysmomenteista, maalipinnan paksuuksista ja koneiden parametreista. Jotta tiedot kirjautuvat automaattisesti järjestelmään, tuotannossa tulee hyödyntää

järjestelmien kanssa yhteensopivia työkaluja. Tuotteen sarjanumeron takaa tulee löytyä tiedot kaikista tehdyistä transaktioista. Sarjanumerolla tulee päästä käsiksi valmistusta käsitteleviin tietoihin kuten tehtyihin toimenpiteisiin, valmistusajankohtaan, työntekijään, saapumis- ja lähtöajankohtaan. Lisäksi sarjanumero tulee olla linkitettyä tarkastuksiin, laatuvirheisiin, tilausmuutoksiin, myynti- ja tuotantotilauksiin. Suoritetuista koeajoista tulee jäädä myös tuotekohtaiset merkinnät.

Tuotteiden jäljitettävyyden ei tule loppua valmistusprosessiin. Tuotteista tulee kirjata ylös tietoja myös tuotteen valmistuttua. Jälkiseurannassa tuotteen valmistumisen jälkeen tuotteelle tulee kirjata tietoja toimituksesta, takuuasioista ja palautuksista. Takuuasioista tulee kirjata esim. vialliset komponentit ja korvaavat komponentit. Kokoonpanoa päivittämällä tiedetään tarkalleen tuotteista poistuneet komponentit. Siten tiedetään, että sen ei pitäisi olla enää myöhemmin käytössä. Jäljitettävyydestä päivittäminen järjestelmiin myös valmistusprosessien jälkeen mahdollistaa vikojen ilmaantumisyyklin arvioimista. Vikojen ilmaantumisyyklin avulla on mahdollista tarjota huoltoja ennakkoidusti. Tuotteiden etäseurannan avulla on myös mahdollista seurata vikojen ilmaantumista.

6.2 Toimivat nykykäytännöt

Kohdeyrityksessä on otettu käyttöön WeldEye-järjestelmä hitsauksen jäljitettävyyttä tukemaan. WeldEye mahdollistaa tarkan saumakohtaisen jäljitettävyyden. Siten hitsauksen osalta jäljitettävyyden voidaan katsoa olevan erinomaisella tasolla täyttäen jäljitettävyyden vaatimukset. Kohdeyrityksen jäljitettävyys on myös kokonaisuutena hyvällä tasolla, jos kaikki noudattavat annettuja ohjeita komponenttien käyttämisen järjestyksestä. FIFO-menetelmän noudattamiseksi tarvitaan kuitenkin lisää koulutusta tai muutosta varastointikäytäntöihin.

Valmistusprosessien osana on monia riittävällä tasolla olevia jäljitettävyyskäytäntöjä. Valmistuksen vaiheiden läpi tuotteiden mukana kulkevat työmääräimet. Työmääräimiin kirjataan mm. valmistuksen aikana suoritettut työt ja poikkeamalöydökset. Työntekijöiden päivittäiset tehtävät ovat myös ylhäällä järjestelmissä. Poikkeamalöydösten kirjaamisesta voi olla myöhemmin hyötyä mahdollisten vikojen selvittämisessä. Alustojen merkitsemiseen hyödynnetään pistemerkintäteknologiaa. Alustan pistemerkinnällä varmistetaan tuotteen koko elinkaaren kestävä merkintä. Koneistuksen yhteydessä suoritetaan eräkohtaiset mittaukset erän aluksi, puolivälissä ja lopuksi. Mittaukset takaavat toleranssien mukaisen valmistuksen samalla mahdollistaen nopean puuttumiseen virheen löydyttyä.

Valmistusprosessin vaiheista hitsaus on ainoa vaihe, jossa jäljitettävyys on toteutettu kokonaisuutena hyvin loppuun asti. Muissa valmistusprosessien vaiheissa on vain yksittäisiä toimivia käytäntöjä, jotka perustuvat manuaaliseen tekemiseen. Automatisoimalla ja digitalisoimalla nykyisiä käytäntöjä niiden luotettavuus saadaan kuitenkin entistä paremmalle tasolle.

7. YHTEENVETO

7.1 Keskeiset tulokset

Jäljitettävyydellä on tärkeä rooli yritysten toiminnassa, sillä se toimii eräänlaisena vakuutuksena tuoteturvallisuuden osalta. Tämän diplomityön tarkoituksena oli tutkia kohdeyrityksen jäljitettävyyden käytäntöjä, ja esittää teorian sekä vertailuanalyysin perusteella kehitysideoita. Esitettyjen kehitysideoiden avulla yrityksen on mahdollista saavuttaa tarkempi jäljitettävyyden taso ja siten minimoida mahdollisten viallisten tuotteiden aiheuttamat kustannukset.

Jäljitettävyydellä tarkoitetaan tuotteiden valmistushistorian tuntemusta ja kykyä palauttaa tuotteelle tehdyt toimenpiteet. Tuotteista kerättävä tieto on jäljitettävyyden mahdollistava tekijä, ja ilman kerättyä tietoa ei voida jäljittää tuotteita. Siten jokaisen lisäarvoa tuottavan valmistusprosessin osalta tulee pystyä vastaamaan kysymyksiin miksi, missä, milloin, kuka ja mitä.

Jäljitettävyyden toteutumiseksi materiaalien, komponenttien ja kokoonpanojen tulee olla tunnistettavissa. Jotta tuotteet ovat tunnistettavissa, tulee niiden olla merkittyinä. Merkintöjen tekemiseen voidaan hyödyntää useita eri teknologioita. Hyödynnettäviä teknologioita ovat mm. laser, RFID, pistemerkintä, mustesuihku, tarrat ja viivakoodit. Suurimmat hyödyt kuitenkin saavutetaan laserin ja RFID:n avulla. Laserin avulla voidaan tehdä kestäviä merkintöjä pinnan laadusta, puhtaudesta ja materiaalista riippumatta. RFID puolestaan mahdollistaa uusia automatisoituja ominaisuuksia valmistusprosesseihin.

Ideaalilanteessa tuotteiden valmistushistoria on tallennettu yksityiskohtaisesti yksilötasolla. Yksityiskohtaisen tiedon avulla jäljitettävyyssprosessissa ei ole tarvetta ajanjakson tai muun arvioinnille. Tällöin tuotteen valmistushistoriaan päästään käsiksi tuotteen sarjanumerolla tai millä tahansa muulla tuotteen alakomponentin sarjanumerolla.

Kohdeyrityksen jäljitettävyydessä hitsauksen osalta ollaan erinomaisella tasolla WeldEye-järjestelmän avustuksella. Järjestelmä mahdollistaa saumojen yksityiskohtaisen jäljitettävyyden. Yleisesti komponenttien merkitsemiseen tarvitaan kuitenkin kehitystä. Kaikki komponentit merkitsemällä erä- tai yksilötasolla saavutetaan ratkaisu nykyisen jäljitettävyyssmenetelmän suurimpaan ongelmaan, eli valmistuserien sekoittumiseen. Merkinnän avulla sekoittuminen ei ole enää mahdollista, kun komponentissa olevalla numerolla nähdään tuotteen erä- tai yksilökohtaiset tiedot.

7.2 Suositukset käytäntöön

Materiaalien, komponenttien ja kokoonpanojen kohdalla tulee suorittaa riskiarvio turvallisuuden ja liiketoiminnan kannalta. Jos jokin edellä mainituista aiheuttaa asiakkaan turvallisuudelle tai liiketoiminnalle uhkaa, täytyy jäljitettävyyden olla yksityiskohtaisesti selvitettävissä. Tällaisen materiaalin, komponentin tai kokoonpanon kohdalla pitää olla selvitettävissä koko tuotantoprosessin historia. Tuotannon aikaisten tapahtumien selvittämiseksi komponenttien tulee olla merkitty. Kriittisempien komponenttien merkitsemiseen on hyvä suosia yksilöivää merkintää ja vähemmän kriittisten kohdalla eräkohtaista merkintää.

Nykyinen jäljitettävyysskäytäntö on vahvasti riippuvainen FIFO-periaatteen noudattamisesta. Käytännössä on tunnistettavissa ongelmia ja sen noudattamisesta ei voida olla mitenkään varmoja. Päädetessä jatkaa vanhan menetelmän hyödyntämistä tulee resursseja ohjata vähintään säännöllisiin kouluksiin. Varastointikäytäntöihin tulee harkita myös muutosta. Muutoksen avulla pyritään estämään komponenttien käyttäminen ”väärässä” järjestyksessä, jotta valmistuserät eivät sekoitu keskenään. Ensisijaisesti jäljitettävyyttä kannattaa kuitenkin kehittää ajanjaksoperusteisesta arvioinnista tarkemmaksi. Tuotteen tai komponentin sarjanumerolla tulee päästä käsiksi suoraan tarvittaviin tietoihin ilman arviointia. Jäljitettävyyttä ja yleistä tiedon hallintaa tukemaan kannattaa harkita PDM- ja PLM-järjestelmän käyttöönottoa.

Tavaroiden vastaanottoa tulee myös kehittää, sillä nykyisellä toimintatavalla tarkastetaan vain saapuvien tavaroiden kappalemäärä. Ideaalitilanteessa vastaanotettavat komponentit saapuvat valmiiksi RFID-tunnisteilla varustettuna. Siten komponentit kirjautuvat automaattisesti järjestelmään. RFID:n avulla tuotteen valmistuttua kokoonpano kirjautuu myös automaattisesti järjestelmään. Tavaroiden vastaanoton yhteyteen vaihtoehtoisena menetelmänä voi hyödyntää myös lasermerkintää. Laserin avulla kaikkiin komponentteihin on mahdollista merkitä esim. tilausnumero, leikkuupäivä ja sulatuserätiedot. Siten komponentit ovat tunnistettavissa, eikä erien käyttöjärjestyksellä ole vaikutusta jäljitettävyyteen.

Valmistusprosessien vaiheista kannattaa harkita tarkempaa jäljitettävyystiedon kirjaamista. Suoritetuista toimenpiteistä tulee jäädä automaattisesti tieto järjestelmään. Jotta automaattinen tiedon kirjaantuminen on mahdollista, käytettävien työkalujen täytyy olla yhteensopivia käytössä olevien ohjelmistojen kanssa. Nykyisessä menetelmässä tuotteiden mukana kulkee paperinen työmääräin, joka lopuksi skannataan järjestelmään.

Paperinen työmääräin kannattaa korvata sähköisellä versiolla. Sähköisen työmääräimen avulla skannausvaihe voidaan poistaa valmistusprosessista. Valmistusprosessien vaiheista on hyvä kirjata tietoja esim. maalipinnanpaksuuksista, kriittisistä kiristysmomenteista ja suoritetuista koeajoista. Koeajojen ja testien kirjaaminen laitekohtaisesti on tärkeää varsinkin, jos niiden aikana ilmenee ongelmaa. Kirjaamalla testien tulokset nähdään myöhemmin, jos samasta syystä on aiheutunut ongelmaa.

7.3 Työn arviointi ja rajoitteet

Erilaisten jäljitettävyyssmenetelmien selvittämiseksi ja ideaalimallin muodostamiseksi haastatteluita pyrittiin järjestämään yhdeksän ulkopuolisen yrityksen kanssa. Vain neljä yrityksistä oli valmis tekemään yhteistyötä jäljitettävyyden kehittämiseksi. Vaikka haastatteluja olisi saatu useampia, ei ehdotettu ideaalimalli olisi välttämättä muuttunut. Sillä ideaalimallissa on hyödynnetty myös teoriaosuuden reunaehdoja optimaalisen jäljitettävyyden toteuttamiseen ja yritysten hyväksi havaitsemia käytäntöjä. Kuitenkaan tulosten pohjalta ei voida yleistää Suomen valmistavan teollisuuden jäljitettävyyden tilannetta. Toisaalta on hyvä huomioida, että työ tehtiin kohdeyrityksen jäljitettävyyden kehittämiseksi, eikä laajempaan arvioon pyrittykään. Tulosten perusteella kuitenkin saatiin erilaisia tapoja jäljitettävyyden toteuttamiseen ajanjaksoperusteisesta arvioinnista hyvinkin tarkkaan yksityiskohtaiseen jäljitettävyyteen. Haastatteluiden kohdalla tulee kuitenkin muistaa kvalitatiivisen kyselyn luonne, jolloin kysymyksiin vastataan avoimesti. Tällöin vastausten läpikäymiseen sisältyy myös tulkintaa. Mahdollisten tulkintavirheiden minimoimiseksi haastattelutilanteet äänitettiin.

Yritysten negatiivista suhtautumista jäljitettävyyden kehitysyhteistyöhön selittävät osaltaan myös lainsäädäntö ja käytettävät standardit. Mm. EN-280 ja ANSI käsittelevät tuotteen suunnittelua, rakennetta ja ratkaisuja, mutta eivät anna jäljitettävyyteen konkreettisia vaatimuksia. EU:n konedirektiivi ja laadunvarmistusstandardit edellyttävät, että tuote on valmistettu asiakirjojen mukaisesti. Lainsäädäntö ja standardit eivät anna yksityiskohtaisia ohjeita tai toimintatapoja jäljitettävyyden toteuttamiseen. Siten yritysten jäljitettävyys rakentuu omiin tulkintoihin ja niiden perusteella muodostettuihin käytäntöihin, joita ei mahdollisesti haluta avata ulkopuolisille yrityksille/ asiakkaille.

Tutkimuksessa muodostettua jäljitettävyyden ideaalimallia voidaan pitää yleispätevänä, sillä sen muodostamiseen on hyödynnetty useista kymmenistä tieteellisistä artikkeleista kerättyä teoriapohjaa ja haastateltavien yritysten parhaita käytäntöjä. Kehitysehdotukset ovat luotu vastaamaan kohdeyrityksen nykyisen tilanteen parantamiseksi.

7.4 Jatkotutkimusehdotukset

Tutkimuksessa keskityttiin jäljitettävyyden merkitykseen, hyödynnettäviin teknologioihin ja jäljitettävyyden ideaalimallin muodostamiseen. Jäljitettävyys on kuitenkin aiheena todella laaja kattaen koko valmistusprosessin kaikkine vaiheineen jatkuen aina jälkimarkkinointiin ja huoltotoimenpiteisiin. Jäljitettävyyden laajuudesta johtuen kirjoitusprosessin aikana löytyi useita jatkotutkimusmahdollisuuksia. Useista jatkotutkimusehdotuksista olisi mahdollista tehdä erilliset tutkimukset.

Jäljitettävyyttä lähdetessä kehittämään tulisi tutkia komponenttien, materiaalien ja kokoonpanojen riskitasoja aiheuttaa vaaraa asiakkaalle tai liiketoiminnalle. Riskitasojen selvityksen avulla pystyisi tarkemmin määrittelemään yksilötason seurantaan vaativat kohteet. Nykyistä tutkimusta voisi laajentaa omavalmisteosista myös alihankintaosien puolelle. Lisäksi kvantitatiivisen kyselyn avulla jäljitettävyydestä voisi saada myös erilaista tarkkaa tilastollista tietoa. Kvantitatiivisen tutkimuksen avulla saisi teoriassa myös huomattavasti laajemman poikkileikkauksen yritysten jäljitettävyydestä, kun kyselyn voisi lähettää useille sadoille yrityksille. Kvantitatiivisen kyselyn luotettavuutta voidaan kuitenkin kyseenalaistaa, kun ei tiedetä vastaajia ja heidän motivaatiotaan.

Tarkan jäljitettävyyden eli ideaalimallin mukaisen järjestelmän vaikutusta tulisi tutkia useasta näkökulmasta. Yrityksen näkökulmassa kiinnostaa tarkan jäljitettävyyden vaikutukset toiminnan tehostamiseen ja viivan alle jäävään osuuteen. Tarkan jäljitettävyyden saavuttamiseksi tarvitaan järjestelmien ja laitteiston modernisointia. Modernisointi ja siten jäljitettävyys saattaisi näin myös vaikuttaa työntekijöiden viihtyvyyteen ja yrityksen vetovoimaan uusien työntekijöiden osalta. Tarkan jäljitettävyyden pitäisi vaikuttaa osaltaan positiivisesti tuotteiden laatuun. Siten jäljitettävyydellä saattaisi olla epäsuorasti vaikutusta myös asiakastytyvyyteen ja kilpailukyvyn kehittymiseen.

LÄHTEET

Ackerley, N., Lange, R. ja Sertkaya, A. (2010) "Food Transportation Safety: Characterizing Risks and Controls by Use of Expert Opinion", *Food Protection Trends*, 30(4), ss. 212–222.

AISC (2019) *2.1. Material Identification and Traceability | American Institute of Steel Construction*. Saatavissa: <https://www.aisc.org/steel-solutions-center/engineering-faqs/2.1.-material-identification-and-traceability/#9482> (Viitattu: 16. toukokuuta 2019).

Aung, M. M. ja Chang, Y. S. (2014) "Traceability in a food supply chain: Safety and quality perspectives", *Food Control*. Elsevier Ltd, 39(1), ss. 172–184. Saatavissa: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.11.007>.

Bamberg, J., Jokinen, P. ja Laine, M. (2015) *Tapaustutkimuksen taito*. 3. painos. Gaudeamus.

Beaudry, M. ym. (2017) "Radio Frequency Identification (RFID) Technology for the Aluminum Industry", *The Minerals, Metals & Materials Society. Light Metals 2017*, ss. 1061–1068. doi: 10.1007/978-3-319-51541-0_128.

Beulens, A. J. M., Jansen-Vullers, M. H. ja Van Dorp, C. A. (2003) "Managing traceability information in manufacture", *International Journal of Information Management*, 23(5), ss. 395–413.

Bonetti, S. ja Pasotti, A. (2014) "Product traceability: An empirical investigation in the Italian metallurgical industry", *Proceedings of the Summer School Francesco Turco*, 09-12-Sept(September 2014), ss. 25–30. doi: 10.13140/2.1.3578.1445.

Bosona, T. ja Gebresenbet, G. (2013) "Food traceability as an integral part of logistics management in food and agricultural supply chain", *Food Control*, 33(1), ss. 32–48.

CAC (2015) *CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION - PROCEDURAL MANUAL*. 24th editi. Rome. Saatavissa: <http://www.fao.org/3/a-i5079e.pdf> (Viitattu: 9. heinäkuuta 2019).

Calvin, L. ym. (2004) *Traceability in the U.S. Food Supply: Economic Theory and Industry Studies*. Saatavissa: www.ers.usda.gov. (Viitattu: 12. heinäkuuta 2019).

Chandran, R. ja Fisk, G. (1975) "Tracing and recalling products.", *Harvard Business Review*, November-D, ss. 90–96.

Cheng, M. J. ja Simmons, J. E. L. (1994) "Traceability in Manufacturing Systems", *International Journal of Operations & Production Management*, 14(10), ss. 4–16. doi: 10.1108/01443579410067199.

Chryssolouris, G. ym. (2009) "Digital manufacturing: History, perspectives and outlook", *Journal of Engineering Manufacture*, 223(5), ss. 451–462.

Clarke, W. R. ja Wilson, T. P. (1998) "Food safety and traceability in the agricultural supply chain: using the Internet to deliver traceability", 3(3), s. 127. Saatavissa: <https://search-proquest-com.libproxy.tuni.fi/docview/216864441?https://search.proquest.com/abicomplete/adva>

nced&pq-origsite=summon (Viitattu: 23. toukokuuta 2019).

Cnossen, H. J. ym. (2010) "Experts ' perspectives on the implementation of traceability in Europe", *British Food Journal*, 112(2), ss. 261–274.

Côté, B., Desmeules, J. . ja Dufour, J. . (2017) "Semi Finished Products Traceability Improvement with Laser Marking", *Minerals, Metals and Materials Series*, no. 210819, ss. 1069–1077. doi: 10.1007/978-3-319-51541-0_129.

Deneva, H., Lazov, L. ja Narica, P. (2015) "Laser Marking Methods", *Environment. Technology. Resources. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference*, 1, ss. 108–115.

Diaz Rios, L., Karippacheril, T. ja Srivastava, L. (2017) "Global Markets, Global Challenges: Improving Food Safety and Traceability While Empowering Smallholders Through ICT.", *ICT in Agriculture Sourcebook: Connecting Smallholders to Knowledge, Networks and Institutions*, ss. 285–308.

Donnelly, K. A. M. ja Thakur, M. (2010) "Modeling traceability information in soybean value chains", *Journal of Food Engineering*, 99(1), ss. 98–105.

Feng, L. ym. (2010) "Strengths and limitations on the operating mechanisms of traceability system in agro food, China", *Food Control*, 21(6), ss. 825–829.

FINAS (2015) *Jäljitettävyyys*. Saatavissa: <https://www.finas.fi/akkreditointi/jaljitettavyys/Sivut/default.aspx> (Viitattu: 14. toukokuuta 2019).

Fisher, W. (2015) *Benefits of Food Traceability - Food Safety Magazine*. Saatavissa: <https://www.foodsafetymagazine.com/enewsletter/benefits-of-food-traceability/> (Viitattu: 23. toukokuuta 2019).

Gamberi, M., Manzini, R. ja Regattieri, A. (2007) "Traceability of food products: General framework and experimental evidence", *Journal of Food Engineering*, 81(2), ss. 347–356.

GS1 (2019a) *Traceability - Standards | GS1*. Saatavissa: <https://www.gs1.org/traceability-retail> (Viitattu: 15. elokuuta 2019).

GS1 (2019b) *Viivakoodit - GS1-viivakoodit ja RFID-tunnisteet - GS1-järjestelmän ohjeet - GS1-yritystunniste - GS1 Asiakastuki*. Saatavissa: <https://asiakas.gs1.fi/gs1-yritystunniste/gs1-jarjestelman-ohjeet/gs1-viivakoodit-ja-rfid-tunnisteet/viivakoodit> (Viitattu: 6. elokuuta 2019).

Hand, A. (2018) *Tracking Progress in Manufacturing | Automation World*. Saatavissa: <https://www.automationworld.com/article/technologies/barcode-rfid/tracking-progress-manufacturing> (Viitattu: 7. kesäkuuta 2019).

Hill, A. ja Hill, T. (2009) *Manufacturing operations strategy*. 3. ed. Basingstoke: Palgrave Macmillan.

Hirsjärvi, S. ja Hurme, H. (2008) *Tutkimushaastattelu. Teemahaastattelun teoria ja käytäntö*. Helsinki: Gaudeamus Helsinki University Press.

Housley, J. (1999) "Benchmarking – is it worth it?", 3(3), ss. 74–79. Saatavissa: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.537.551&rep=rep1&type=pdf>

(Viitattu: 24. syyskuuta 2019).

Immonen, A. ja Sääksvuori, A. (2002) *Tuotetiedonhallinta-PDM*. Helsinki: Talentum Media Oy.

Intermec (2007) *Parts Traceability & Product Genealogy*. Saatavissa: https://www.danbygroup.com/docs/White_Paper_PartsTraceability_Product_Genealogy.pdf (Viitattu: 24. kesäkuuta 2019).

Karlsen, K. M., Olsen, P. ja Donnelly, K. A. M. (2010) "Implementing traceability: Practical challenges at a mineral water bottling plant", *British Food Journal*, 112(2), ss. 187–197.

Kemppi Oy (2019) *WeldEye for Welding Quality Management*. Lahti.

Kurzbard, G. ja Siomkos, G. J. (1994) "The hidden crisis in product-harm crisis management", *European Journal of Marketing*, 28(2), ss. 30–41. Saatavissa: <https://search-proquest-com.libproxy.tuni.fi/docview/237013182?https://search.proquest.com/abicomplete/advanced&pq-origsite=summon> (Viitattu: 23. toukokuuta 2019).

Laserax (2019) *Traceability methods*. Saatavissa: <https://www.laserax.com/applications/laser-marking-traceability/part-product-traceability> (Viitattu: 28. kesäkuuta 2019).

Lohtander, M., Peltokoski, M. ja Varis, J. (2014) "The role of Product Data Management (PDM) in engineering design and the key differences between PDM and Product Lifecycle Management (PLM)", teoksessa.

Martio, A. (2015) *Tuotekonfigurointi ja tuotetiedon hallinta*. 1. painos. Espoo: Amartekno Oy.

McEntire, J. (2014) *Traceability: Costs, Benefits, and the Future*. Saatavissa: <https://www.foodqualityandsafety.com/article/traceability-costs-benefits-and-the-future/?singlepage=1> (Viitattu: 23. heinäkuuta 2019).

Melanie Williams Consulting (2016) *Tracing aluminium through the supply chain, Aluminium International*. Saatavissa: https://melaniewilliamsconsulting.com/news/Tracing_aluminium_through_the_supply_chain/ (Viitattu: 14. elokuuta 2019).

Meuwissen, M. P. M. ym. (2003) *Traceability and Certification in Meat Supply Chains, Journal of Agribusiness*. Saatavissa: <https://tind-customer-agecon.s3.amazonaws.com/d803c869-fc75-4190-bd50-0b5ad422d029?response-content-disposition=inline%3Bfilename%2A%3DUTF-8%27%2721020167.pdf&response-content-type=application%2Fpdf&AWSAccessKeyId=AKIAXL7W7Q3XHXDVDQYS&Expires=1563964172&Signature=9kO7JuBPf9TsdgZfvdLb6ZouAz4%3D> (Viitattu: 24. heinäkuuta 2019).

Moe, T. (1998) "Perspectives on traceability in food manufacture", *Trends in Food Science Technology*, 9(5), ss. 211–214.

Mora C ja Menozzi D (2003) *TRACEABILITY COSTS COMPONENTS FOR MEAT*. Saatavissa: <https://pdfs.semanticscholar.org/0753/6ab1d2409eb8debf638db871c1c30ab93457.pdf>

(Viitattu: 24. heinäkuuta 2019).

Muller, L. (2011) *The True Cost of Traceability*. Saatavissa: <http://sustainability.com/our-work/insights/the-true-cost-of-traceability/> (Viitattu: 22. heinäkuuta 2019).

Musa, A., Gunasekaran, A. ja Yusuf, Y. (2014) "Supply chain product visibility: Methods, systems and impacts", 41(1), ss. 176–194. doi: 10.1016/j.eswa.2013.07.020.

Pannier (2019) *Industrial Ink Jet Coding Applications - Pannier Marking Systems*. Saatavissa: <https://www.pannier.com/category/applications/ink-jet/> (Viitattu: 19. elokuuta 2019).

Pearson, G. (2012) "Casting an innovative approach", *IUV Magazine*, ss. 18–20.

Peltokoski, M., Lohtander, M. ja Varis, J. (2012) *Confusing of terms PDM and PLM: examining issues from the PDM point of view*.

Quirk, R. E. (2007) "RFID's New Challenge", *Traffic World*, 271(12), ss. 19–21.

Sääksvuori, A. ja Immonen, A. (2008) *Product Lifecycle Management*. Third Edit. Berlin: Springer. doi: 10.1007/978-3-540-78172-1.

Sarajärvi, A. ja Tuomi, J. (2018) *Laadullinen tutkimus ja sisällön analyysi*. Uudistettu. Helsinki: Tammi.

Sekhar, S. C. (2010) "Benchmarking", *African Journal of Business Management*, 4(6), ss. 882–885.

SFS-EN-ISO 10007 (2018) *Quality management. Guidelines for configuration management*. Helsinki: Suomen Standardisointiliitto SFS ry.

SFS-EN-ISO 9000 (2015) *Laadunhallintajärjestelmät. Perusteet ja sanasto*. Helsinki: Suomen Standardisointiliitto SFS ry.

SFS-EN-ISO 9001 (2015) *Laadunhallintajärjestelmät. Vaatimukset*. Helsinki: Suomen Standardisointiliitto SFS ry.

SFS-EN 1090-2 (2018) *Teräs- ja alumiinirakenteiden toteutus. Osa 2: Teräsrakenteiden tekniset vaatimukset*. Helsinki: Suomen Standardisointiliitto SFS ry.

Shannon, G. (2015) *How to Choose the Right Marking Technology for your Application*. Saatavissa: http://www.amadamiyachi.com/servlet/servlet.FileDownload?retURL=%2Fapex%2Feducationalresources_articles&file=0153400000255FW (Viitattu: 7. elokuuta 2019).

SPI Lasers (2019) *The Advantages and Benefits of Laser Marking*. Saatavissa: <https://www.spilasers.com/application-marking/advantages-laser-marking/> (Viitattu: 1. heinäkuuta 2019).

Stark, J. (2015) *Product Lifecycle Management (Volume 2)*. Third Edit. Toimittanut R. Roy. Cham: Springer. doi: <https://doi-org.libproxy.tuni.fi/10.1007/978-3-319-24436-5>.

Stephens, J. (2016) *3 Benefits of Laser Marking, A & E Magazine*. Saatavissa: <https://a-e-mag.com/features/3-benefits-laser-marking> (Viitattu: 28. kesäkuuta 2019).

Technifor (2019a) *Marking on metal - Permanent marking machines* | Technifor. Saatavissa: <https://www.technifor.com/markets-and-materials/markings-by-type-of-material/metal-marking-and-engraving> (Viitattu: 19. elokuuta 2019).

Technifor (2019b) *The identification of components and products*. Saatavissa: <https://www.technifor.sg/markings-traceability/direct-and-permanent-markings/identification-of-components-and-products> (Viitattu: 21. kesäkuuta 2019).

Technifor (2019c) *Traceability of Industrial Parts*. Saatavissa: <https://www.technifor.com/markings-traceability/direct-and-permanent-markings/traceability-of-industrial-parts> (Viitattu: 24. kesäkuuta 2019).

Tilastokeskus (2019) *Kvalitatiivinen tutkimus | Käsitteet* | Tilastokeskus. Saatavissa: https://www.stat.fi/meta/kas/kvalit_tutkimus.html (Viitattu: 28. lokakuuta 2019).

Tukes (2019) *Tuotteiden jäljitettävyyden - Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes)*. Saatavissa: <https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/vaatimustenmukaisuus/tuotteiden-jaljitettavyys> (Viitattu: 15. toukokuuta 2019).

UEF (2019) *Benchmarking* | UEF. Saatavissa: <https://www.uef.fi/benchmarking> (Viitattu: 19. syyskuuta 2019).

Van der Vorst, J. (2004) "Performance levels in food traceability and the impact on chain design: results of an international benchmark study", teoksessa *Dynamics in Chains and Networks. Proceedings of the sixth International Conference on Chain and Network Management in Agribusiness and the Food Industry*. Wageningen: Wageningen Academic Publishers, ss. 175–183.

Wadhwa, R. S. (2013) "Methodology for Internal Traceability Support in Foundry Manufacturing", teoksessa Prabhu, V., Taisch, M., ja Kiritsis, D. (toim.). Berlin: Springer, ss. 183–190. doi: 10.1007/978-3-642-41266-0_23.

Wang, K. S. (2014) "Intelligent and integrated RFID (II-RFID) system for improving traceability in manufacturing", *Advances in Manufacturing*, 2(2), ss. 106–120. doi: 10.1007/s40436-014-0053-6.

LIITE A: JÄLJITETTÄVYYDEN KEHITTÄMISTUTKIMUS

Arvoisa vastaaja,

Olen Niko Simola ja viimeistelen Tampereen Yliopistolla Johtamisen ja tietotekniikan diplomi-insinöörin opintojani. Teen diplomityötä työkoneita valmistavalle yritykselle xxxxxx. Työn tarkoituksena on tutkia yritysten toimintatapoja jäljitettävyyden saralla ja muodostaa ideaalimalli jäljitettävyyden toteuttamiseen.

Vastaamalla kyselyyn annat luvan tietojen hyödyntämiseen kyseisessä diplomityössä. Antamianne vastauksia käytetään vain kyseisessä diplomityössä. Halutessanne vastauksia käsitellään anonyymisti. Vastauksia ei luovuteta eteenpäin tunnistettavassa muodossa. Diplomityö tullaan tallentamaan julkiseen sähköiseen arkistoon, jossa se on luettavissa.

Toivon vastauksianne mahdollisimman pian, mutta kuitenkin viimeistään 30.08.2019 mennessä. Vastaukset lähetetään suoraan allekirjoittaneelle osoitteeseen niko.simola@tuni.fi. Mikäli teillä ilmenee kysymyksiä jäljitettävyyden kehittämistutkimukseen liittyen, voitte olla yhteydessä sähköpostitse.

Kiitos jo etukäteen vastauksistanne!

Ystävällisin terveisin,
Niko Simola
niko.simola@tuni.fi

1. Liikevaihtoluokka?

<100M€

100-1000M€

>1000M€

2. Yrityksen toimiala?

3. Vastaajan ikä, tausta, kokemus?

4. Vastausten anonymi käsittely?

Kyllä Ei

5. Onko teillä käytössä jokin PLM/ PIM/ PDM järjestelmä? Jos on, niin mikä tai mitkä järjestelmät ovat käytössä ja mihin tarkoitukseen?

6. Onko teillä jäljitettävyystiedoille erillinen järjestelmä vai ohjataanko jäljitettävyyttä koskevat tiedot talon yleiseen toiminnanohjausjärjestelmään? Miksi?

7. Millä teknologioilla merkintä/ jäljitettävyys on toteutettu (esim. autom. tai manuaalinen, RFID, piste, laser, tarra, viivakoodi yms.)?

8. Mistä valmistusprosessin vaiheista jäljitettävyystietoa dokumentoidaan ja miksi? (esim. hitsaus→koneistus→pintakäsittely→mekaaninen kokoonpano→varasto→loppukokoonpano→lopputarkastus)?

9. Mitä jäljitettävyyteen liittyvää tietoa valmistusprosessin vaiheista dokumentoidaan?

10. Pystyttekö vetämään takaisin markkinoilta vain ne tuotteet, jotka sisältävät viallisen komponentin tai väärän ohjelmistoversion? Millä toimenpiteillä?

11. Pystyttekö jäljittämään viallisten tuotteiden sijainnin toimitusketjussa?

12. Joudutteko takaisinkutsun toteuttamiseksi arvioimaan tiettyä ajanjaksoa, jonka perusteella tuotteita takaisinkutsutaan? Joudutaanko takaisinkutsua mainostamaan viallisten löytämiseksi?

13. Kuinka paljon aikaa ja työtä tarvitaan oikean ajanjakson löytämiseksi? Pystytäänkö oikea ajanjakso löytämään talon sisäisesti vai joudutaanko konsultoimaan yhteistyökumppaneita?

14. Pystyttekö tarjoamaan ohjelmistopäivityksiä tai vikakorjauksia asiakkaille jo ennen kuin asiakas huomaa ongelmaa?
15. Onko materiaalitodistukset itsellä tallennettuna? Missä muodossa ne ovat tallennettuna?
16. Mitä kehityskohteita näette omassa jäljitettävyydessänne?